PAMPHLET COLL. - FILE UNDER APPEL, O.

Vollständig in vier bis fünf etwa gleichstarken Lieferungen

15 JUN 1939
INSTITUTE

Handbuch
der
Pflanzenkrankheiten

Sechster Band

Pflanzenschutz

Verhütung und Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten

herausgegeben von

Prof. Dr. Dr. h. c. O. Appel
Geh. Regierungsrat

3. Lief.: S. 577–647 u. Titelbogen z. I. Halbband, S. 1–208 v. II. Halbband

Aus dem Inhalt der 3. Lieferung: Zweiter Abschnitt. Die Aufgaben des Pflanzenschutzes. II. Die Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten und -schädlinge (Fortsetzung). c) Physikalische und chemische Prüfverfahren (Schluß). C. Biologische Bekämpfungsmaßnahmen: a) Verwendung von Mikroorganismen, b) Verwendung von Wirbeltieren, c) Verwendung von Insekten zur Bekämpfung von Schadinsekten, d) Verwendung von Insekten zur Bekämpfung von Unkräutern. Dritter Abschnitt. Die technischen Mittel des Pflanzenschutzes. A. Beizgeräte: I. Naßbeizgeräte, II. Trockenbeizgeräte. B. Spritzgeräte. I. Handtragbare Spritzen. II. Rückentragbare Spritzen. III. Karrenspritzen. IV. Pferdefahrbare Spritzen ohne Motorantrieb. V. Motorbetriebene Spritzen und Füllpumpen. VI. Schlauchspritzeinrichtungen. VII. Zubehörteile von Spritzgeräten. VIII. Geräte und Anlagen zur Herstellung und Verteilung von Spritzbrühe.

Mitarbeiter:

Dr. W. Fischer / Oberreg.-Rat Dr. G. Hilgendorff / Reg.-Rat Dr. H. Sachtleben
Präsident Dr. E. Riehm / Oberreg.-Rat Dr. W. Trappmann / Reg.-Rat Dr. A. Winkelmann
Reg.-Rat Dr. H. Zillig

VERLAG VON PAUL PAREY / BERLIN
1939

Der Bezug einer Lieferung verpflichtet zur Abnahme des ganzen Bandes
Preis der 3. Lieferung RM 17.80

Vorwort

Als Paul Sorauer im Jahre 1874 sein „Handbuch der Pflanzenkrankheiten" zum ersten Male herausgab, bestand dasselbe aus einem wenig umfangreichen Band, der in einem größeren Teil die Darstellung physiologischer Krankheiten und in einem kleineren die Beschreibung von Krankheiten, die durch Pflanzen hervorgerufen werden, brachte. Wenn auch das Buch dem damaligen Stande der Wissenschaft entsprach, so war es doch, gemessen an unserer heutigen Auffassung, außerordentlich lückenhaft und zeigte deutlich, daß eine planvolle Bearbeitung aller der Fragen, die zur Erhöhung unserer Erträge zu lösen nötig sind, noch nicht vorhanden war.

Die späteren Auflagen zeigten ein getreues Spiegelbild der Kenntnis der Pflanzenkrankheiten und ihrer Entwickelung. Aber bis zur 4. Auflage kann man deutlich erkennen, daß die naturwissenschaftliche Betrachtungsweise im Vordergrund stand. Erst in den letzten 30 Jahren hat man sich allmählich darauf besonnen, daß das Studium der Pflanzenkrankheiten nicht nur ein interessantes wissenschaftliches Problem, sondern vor allem eine wirtschaftliche Notwendigkeit bedeutet. Nachdem dann bei der 3. Auflage auch die tierischen Schädlinge mit in das Handbuch hereingezogen waren, gliederte es sich in drei ungefähr gleichwertige Teile, nämlich den der nichtparasitären Krankheiten sowie den der durch Pflanzen und den der durch Tiere hervorgerufenen Krankheiten und Schädigungen.

Der ganzen Anlage des Werkes nach ist die Darstellung entsprechend den Arbeiten auf diesem Gebiete auch heute noch vom Gesichtspunkte der Naturwissenschaften aus erfolgt, wenn auch mehr und mehr die praktisch wirtschaftliche Seite mit berücksichtigt wurde.

Inzwischen hat sich die Einsicht, die weitschauende Forscher schon seit langem hatten, daß nämlich die Pflanzenkrankheiten sowohl privat- als auch volkswirtschaftlich eine sehr große Rolle spielen, allmählich überall Bahn gebrochen, und daraus hat sich weiter ergeben, daß man sich auch mehr dem Ausbau der Bekämpfungsmaßnahmen zuwandte. Neben der Kenntnis der Ursachen und der Entwicklung der Pflanzenkrankheiten mußten nunmehr auch die Vorbeugung und die Heilung auf eine breitere wissenschaftliche Grundlage gestellt werden. So entstand in den letzten Jahrzehnten eine ganz neue Richtung, die als Pflanzenschutz zu bezeichnen ist. Nach wie vor bildet natürlich die eingehendste Kenntnis der gesunden und kranken Pflanzen die Grundlage aller dahingehenden Bestrebungen; aber mit der Entwicklung der verschiedenartigsten Hilfsmittel zu ihrer Bekämpfung wurden außer Botanik und Zoologie auch die Chemie und die Technik sowie die Kenntnis von gesetzgeberischen und Verwaltungs-Maßnahmen von immer größerer Wichtigkeit.

(Fortsetzung auf der 3. Umschlagseite)

Lösung (Lösung von 62,5 g KSCN oder 48 g NH_4SCN und 20 g jodatfreies KJ, Vol. 1 l, lange haltbar, auf 100 mg Kupfer genügen 5 ccm) und darauf sofort mit auf Kupfer eingestellter n/10 oder n/20 Thiosulfatlösung. Sobald der entstehende Niederschlag und die Lösung lichtgelbe Färbung annehmen, wird Stärkelösung hinzugegeben und weiter bis zum endgültigen Verschwinden der blauen Färbung titriert.

Bei eisenhaltiger Lösung wird diese mit so viel festem Natriumpyrophosphat versetzt, bis der entstandene Niederschlag wieder in Lösung geht und weiter nach vorstehender Angabe verfahren. Der Schwefelsäuregehalt der Lösung soll ungefähr 2—4 %, jedenfalls nicht mehr als 5 % betragen. Bei Anwesenheit von Arsen wird etwas Ferrisulfatlösung zwecks Ausschaltung der Arsenwirkung zugegeben und im übrigen wie beim Vorliegen einer eisenhaltigen Flüssigkeit verfahren (Schwefelsäuregehalt der Lösung etwa 3 %). Geringe Mengen von Quecksilber stören die Titration nicht. Ist mehr als 20 mg Quecksilber vorhanden, so wird die Lösung mit Ammoniak im Überschuß versetzt. Ein etwa sich bildender Niederschlag kann aus Eisenhydroxyd und Spuren von einer Merkuriaminoverbindung bestehen. Die letzte läßt sich durch Zugabe von festem Ammoniumnitrat in Lösung bringen. Das Eisenhydroxyd muß abfiltriert und, da es etwas kupferhaltig ist, danach nochmals in heißer verdünnter Schwefelsäure gelöst und wiederum mit Ammoniak gefällt werden. Das Filtrat nach der zweiten Ausfällung wird der Hauptlösung hinzugegeben. Die Lösung wird darauf bis zum Kochen erhitzt und während des Kochens mit 3—5 ccm 5 %iger Hydroxylaminchloridlösung versetzt. Nach 4—5 Min. langem Kochen filtriert man das ausgefällte Quecksilber ab, gibt zu dem Filtrat Salpetersäure, darauf Ammoniak bis zum Neutralisationspunkt und verfährt nach schwachem Ansäuern mit Schwefelsäure und nach einigen Minuten langem Kochen der Lösung wie angegeben.

Mach und Lederle[1]) bestimmen das Kupfer nach der Rhead-Moserschen Methode in abgeänderter Form mit Titantrichlorid in Kohlensäureatmosphäre. Eisen muß dabei durch doppelte Fällung entfernt werden.[2])

Boye[3]) titriert Kupfer mit Rhodanid nach Reduktion mit Hydroxylaminsulfat direkt. Jolsson[4]) führt in rotes kolloidales Cuproazetylid über, das sich mit 0,1 %iger KCN-Lösung auf farblos titrieren läßt: $2\,Cu^+ + 6\,CN' = 2\,(Cu(CN)_3)''$.

Blei und Kupfer lassen sich in Präparaten mit organischen Stoffen mühelos durch Behandlung der Substanz mit H_2SO_4, HNO_3 und danach mit $C_2H_4(NH_4)_2$ (s. S. 589 oben), Abfiltrieren und Wägen des $PbSO_4$ wie üblich und Fällung oder Titration des Cu im Filtrat bestimmen. Bei Gegenwart von $BaSO_4$, $CaSO_4$, SiO_2 und anderen Stoffen im $PbSO_4$ muß dieses mit gesättigter, etwas Ammoniak enthaltender Ammoniumazetatlösung durch halbstündiges Digerieren im Wasserbad gelöst und das Pb im Filtrat (Filter mit Ammonazetat und Wasser nachwaschen) als Chromat gefällt und gewogen werden (S. Treadwell, F. P., Analytische Chemie 6. Aufl. II, 1913, 146).

Bestimmung von Blei und Kupfer in Pflanzenschutzmitteln auf Grund der Unlöslichkeit von Pb und der Löslichkeit von Cu in Essigsäure s. Journ. Assoc. offic. agric. Chemists **14**, 1931, 260; Chem. Ztrbl. 1931, II, 2048 (S. a. Funk, H., und Schormüller, J., Z. f. analyt. Ch. **82**, 1930, 361).

Methoden über Nachweis und Bestimmung kleinster Mengen Cu siehe Chem. Ztrbl. 1927, I, 775; 1929, II, 1186, 1947, 2119, 2230; (1929 I, 2674;) 1932, II, 2343, 2493. Über die elektrolytische Bestimmung vgl. Fischer, A. und Schleicher, A., „Elektroanalytische Schnellmethoden". Stuttgart 1926, S. 131.

Bertrand und de Saint-Rat[5]) empfehlen als völlig spezifisches Reagens auf kleine Mengen (bis 0,1 γ je ccm) Cu 0,001 %ige Urobilinlösung in Alkohol. Kuhlberg[6]) kann mit o-Tolidin + Bromid noch bis 0,003 γ in Verdünnungen von 1 : 5000000 nachweisen.

[1]) Mach, F., u. Lederle, P., Landwirtschaftl. Versuchsstation **84**, 1914, 135; **90**, 1917, 191.

[2]) König, I., Untersuchung landwirtsch. wichtiger Stoffe, V, Bd. II, Berlin, 1926, S. 867.

[3]) Boye, E., Ber. d. Dtsch. Chem. Ges. **67**, 1934, 1119.

[4]) Jolsson, L. M., u. Woronowa, A. I., Ztschr. f. anal. Chem. **106**, 1936, 157—67; Chem. Ztrbl. 1937, I, 139.

[5]) Bertrand, G., u. de Saint-Rat, L., C. R. hebd. S. Ac. Sci. **203**, 1936, 140—143; Chem. Ztrbl., 1937, I, 1487.

[6]) Kuhlberg, L., Mikrochemie **20** (N. F. **14**), 1936, 153—160; Chem. Ztrbl., 1937, I, 1986.

In Weinen läßt sich Kupfer nach dem Verfahren von Spacu gut bestimmen. Genaue Vorschriften dafür gibt Golse.[1]) Über die Methoden zur Bestimmung des Beizmittelbelages auf Getreide siehe Kap. Trockenbeizgeräte.

Quecksilber

Als quecksilberhaltige Pflanzenschutzmittel kommen hauptsächlich Beizmittel in Betracht, die das Quecksilber meistens in organischer Bindung enthalten. Die organische Substanz in derartigen Präparaten muß zunächst zerstört werden. Nach dem hierfür benutzbaren Verfahren von Wöber[2]) wird die einem Quecksilbergehalt von etwa 0,1 g HgS entsprechende Substanz in einem 250 ccm Erlenmeyerkolben mit etwa 5 ccm chemisch reiner konzentrierter Schwefelsäure versetzt. Den Kolben versieht man mit einem doppelt durchbohrten Gummistöpsel, der einen kleinen Tropftrichter und ein U-förmig gebogenes Glasrohr trägt, das mit einem kleinen Péligotrohr verbunden ist. Durch den Tropftrichter läßt man 0,5—1 ccm oder je nach Bedarf etwas mehr Wasserstoffsuperoxyd mit 30 Gew. % H_2O_2 (*Perhydrol* Merck) ganz langsam tropfenweise unter ständigem Umschütteln in den Kolben fließen, während man das mit etwa 5 ccm Wasser beschickte Péligotrohr mit kaltem Wasser kühlt. Die Verbrennung der organischen Substanz erfolgt unter starker Wärmeentwicklung. Der Kolbeninhalt wird weiter erhitzt, bis sich im gekühlten Péligotrohr weiße Nebel von SO_3 zeigen und der Inhalt des Kolbens entfärbt ist. Bei noch nicht vollständiger Zersetzung der organischen Substanz kühlt man etwas ab, setzt noch Schwefelsäure und einige Tropfen H_2O_2 hinzu und erhitzt weiter. Bodnár, Róth und Tergina[3]) empfehlen anstatt des Wöberschen Aufsatzes ein einfaches 40 cm langes eingeschliffenes Rückflußrohr, durch das auch die Zugabe von H_2O_2 erfolgt. Quecksilberverluste treten dabei nicht ein.

Rupp[4]) zerstört die organischen Teile der Substanz durch Erhitzen mit 5 ccm konzentrierter Schwefelsäure und 1 g Kaliumnitrat in einem mit 50 cm langem Rückflußrohr versehenen Kolben bis zur Farblosigkeit. Auch ein Gemisch von Schwefel- und Salpetersäure soll hierzu benutzbar sein. Bei der Verarbeitung chlorhaltiger Substanz verflüchtigen sich in dem letzten Fall Spuren von Quecksilber als $HgCl_2$. (Kaliumsalz und NH_4Cl sollen die Verflüchtigung von $HgCl_2$ verhindern, nicht dagegen NaCl.)[5]) Über Korrekturen der endgültigen Quecksilberwerte siehe Angaben S. 582. Einen brauchbaren besonderen Apparat zur Zerstörung organischer Substanz mit sehr wenig Hg vermittels $H_2SO_4 + HNO_3$ beschreibt Heubner.[6]) Die nach der Zerstörung der organischen Substanz erhaltenen stark sauren Flüssigkeiten kann man verschieden verarbeiten.

Bauer[7]) versetzt die nach Wöber erhaltene mit wenig Wasser verdünnte schwefelsaure Lösung mit konzentrierter Ammoniaklösung bis zur deutlich alkalischen Reaktion, kocht die Flüssigkeit 3 Min. lang, gibt zur abgekühlten Lösung 10 ccm n/5 Kaliumzyanidlösung sowie 5 Tropfen einer 10%igen Jodkaliumlösung und titriert darauf den Überschuß des KCN mit n/20 Silbernitratlösung zurück. Das Auftreten einer Trübung (AgJ) zeigt das Ende der Titration an. Der Titer der nicht sehr beständigen Zyanidlösung wird jedesmal festgestellt, indem man 10 ccm davon nach Zugabe von 30 ccm Wasser, einigen Tropfen Ammoniak und 5 Tropfen 10%iger Jodkaliumlösung mit n/20 Silbernitratlösung titriert. 1 ccm n/20 Silbernitratlösung entspricht 0,01 g Quecksilber. Geringe Mengen Eisen stören die Bauersche Titrationsmethode nicht. Beträchtlichere Mengen ausgeschiedenes Ferrihydroxyd filtriert man vor der Titration ab. Hat man die organische Substanz des Präparates mit $H_2SO_4 + HNO_3$ oder KNO_3 zerstört, so muß man die Flüssigkeit vor der Titration nach Bauer der nachstehenden gravimetrischen H_2S-Methode gemäß vorbehandeln.

---

[1]) Golse, J., Bul. Trav. Soc. Pharmac. **71**, 1933, 24—30; Chem. Ztrbl., 1933, II, 2428.
[2]) Wöber, A., Ztschr. f. angew. Chem. **33**, 1920, 63.
[3]) Bodnár, J., Róth, L. E. u. Tergina, I., Ztschr. f. analyt. Chem. **74**, 1928, 85.
[4]) Rupp, E., Arch. d. Pharm. **255**, 1917, 191.
[5]) Winkler, L. W., Ztschr. f. analyt. Chem. **64**, 1924, 267.
[6]) Heubner, W., Z. f. physikal. Ch., Abt. A, **139**, 1928, 198.
[7]) Bauer, H., Ber. d. Dtsch. chem. Ges. **54**, 1921, 2079.

Die Aufschließung Hg-haltiger organischer Substanz mit Salpetersäure-Wasserstoffsuperoxyd empfiehlt A. Stock.[1])

Wöber empfiehlt die nach seinem Verfahren erhaltene farblose schwefelsaure Lösung nach Zugabe von etwa 10 ccm Wasser und 1 g NaCl (zur Wiederauflösung später etwa ausgefallener schwer löslicher basischer Quecksilbersalze) mit NaOH (spez. Gew. 1,3) unter Kühlen zu neutralisieren und darauf in der beschriebenen Apparatur 10 Min. mit kleiner Flamme zwecks Zerstörung noch vorhandener Sulfomonoperschwefelsäure zu kochen. Hierbei wurden zuweilen Ausscheidungen einer geringen Menge basischen Hg-Salzes beobachtet, die sich bei weiterem Verdünnen der Lösung nur schwer lösen, aber durch Zugabe von etwas Salzsäure wieder in Lösung gebracht werden können. Danach wird die Lösung mit dem Péligotrohrinhalt in einer Stöpselflasche auf 100 ccm gebracht, unter tüchtigem Umschwenken mit 1—2 g KJ und sodann mit 10 ccm 30%iger Natronlauge versetzt. Sofort darauf werden unter Umschwenken 15 ccm einer Mischung aus 6 ccm reiner 40%iger Formaldehydlösung und 20 ccm Wasser langsam zugegeben. Nach 2 Min. langem, kräftigem Durchschütteln läßt man 30 Min. unter öfterem Umschwenken stehen, säuert mit etwa 10 ccm Eisessig an und fügt unter Umschütteln sofort ein überschüssiges Volumen (25 ccm) n/10 Jodlösung hinzu. Am Grunde des Gefäßes darf hiernach kein ungelöstes Quecksilber mehr vorhanden sein, gegebenenfalls muß dieses durch kräftiges Schütteln der Flüssigkeit in Lösung gebracht werden. Der Jodüberschuß wird durch n/10 Thiosulfatlösung (Indikator Stärkelösung) zurücktitriert. 1 ccm n/10 Jodlösung = 0,01 g Hg. Geringe Mengen von Perschwefelsäure und Salpetersäure können die Bildung von Jod bei der Zugabe des Jodkaliums veranlassen. Da das Jod bei der Alkalisierung in Jodid und Hypojodit übergeführt und dieses durch Formaldehyd gleichfalls zu Jodid reduziert wird, stören diese Substanzen das Verfahren nicht.

Diese Ruppsche Methode hat sich öfter als nicht ganz zuverlässig erwiesen. Bodnár führt diesen Umstand auf den Jodverbrauch zuweilen unzersetzt gebliebener organischer Verbindungen zurück. Auch ein Eisengehalt des Analysengutes beeinträchtigt die Zuverlässigkeit des Verfahrens erheblich.

Eine Anweisung für die Benutzung des Ruppschen Verfahrens geben Wessel und Keßler.[2])

Da die *gravimetrische Bestimmung* des Quecksilbers als HgS noch immer als sicherste und leicht ausführbare Methode gilt, kann man die nach dem Erhitzen der Substanz mit Schwefelsäure und Kaliumnitrat erhaltene Lösung mit HN_3 neutralisieren und darauf am Rückflußkühler mehrere Stunden bis zum Verschwinden der braunen Dämpfe kochen, wodurch sich NH_4NO_3 zersetzt. Nach Zugabe von 5 ccm H_2SO_4 fällt man das Hg mit H_2S. Für die Bildung des schweren, schwarzen Niederschlages reicht einstündiges Einleiten von H_2S in die Flüssigkeit aus. Der Niederschlag wird auf einem gewogenen Goochtiegel gesammelt, mit heißem Wasser gewaschen und nach dem Trocknen bei 105—110° bis zur Gewichtskonstanz gewogen. Bei Anwesenheit nur geringer Mengen Eisen nimmt die über dem HgS stehende Flüssigkeit durch Bildung von Schwefel ein schwach trübes Aussehen an. In diesem Falle kann man als Notbehelf den Schwefel durch Waschen des Niederschlages auf dem Tiegel mit heißem Alkohol, darauf mit Schwefelkohlenstoff und wiederum mit heißem Alkohol wegnehmen. Über die Entfernung erheblicher Eisenmengen vgl. Krauß.[3])

Bei dem Verbrauch größerer Mengen Schwefelsäure nach der Wöberschen Methode ist die Neutralisation der schwefelsauren Lösung mit Ammoniak umständlich. Es läßt sich dann das folgende Verfahren einschlagen: Die Lösung wird mit Wasser auf etwa 200 ccm verdünnt, 5 Min. lang in dem mit dem Aufsatz versehenen Kolben gelinde gekocht und nach dem Erkalten tropfenweise mit verdünnter $KMnO_4$-Lösung zur Vernichtung von überschüssigem H_2O_2 versetzt, bis die Rosafärbung eben noch verschwindet. Vorhandene Persulfosäuren werden durch das Kochen der Flüssigkeit fast vollkommen zerstört. Vollständige Überführung der Persäuren wird durch Stehenlassen der Flüssigkeit über Nacht erreicht, wonach man Spuren des aus der Zersetzung der Persäuren entstandenen H_2O_2 noch durch etwas Permanganatlösung wegnimmt. Das Hg läßt sich dann als HgS bestimmen.

---

[1]) Stock, A., Angewandte Chem. **46**, 1933, 189.
[2]) Wessel, F., und Keßler, M., Chem. Ztg. **55**, 1931, 318.
[3]) Krauß, J., Ztschr. f. angew. Chem. **40**, 1927, 354, 514.

Bei erheblichen Mengen Eisen muß man zunächst nach dem Bauerschen Verfahren arbeiten und nach dem Abfiltrieren des Eisenhydroxyds in dem mit Schwefelsäure im Überschuß versetzten Filtrat das Quecksilber als H_2S bestimmen.

Über die Trennung des Quecksilbers von Kupfer ist außer den Angaben unter Kupfer folgendes erwähnenswert:

Nach einem Verfahren von Spacu und Suciu[1]) kann man das Quecksilber neben Kupfer und viel Ammoniumsalzen vermittels Äthylendiaminkupfersulfat fällen. Man versetzt die neutrale oder schwach ammoniakalische Lösung (Vol. 80—500 ccm) mit Kaliumjodid im Überschuß, erhitzt bis zum Sieden und gibt eine heiße konzentrierte Kupraesulfatlösung (bereitet durch Versetzen einer Kupfersulfatlösung mit wässeriger Äthylendiaminlösung bis zum Erscheinen der dunkelblauvioletten Färbung) hinzu. Der Überschuß des benutzten Äthylendiamins beträgt das 5—6fache der für $(Cu\,en_2)\,SO_4$ nötigen Menge. Nach dem Erkalten der Flüssigkeit filtriert man die dunkelblauvioletten Kristalle durch einen Porzellanfilter- oder Goochtiegel. Der Niederschlag wird mit einer 0,1 %igen Kaliumjodid und etwa 0,1 %igen Kupraesulfat enthaltenden Waschflüssigkeit, darauf 3—4mal mit je 2 ccm Alkohol und 2—4mal mit je 2 ccm Äther gewaschen. Man trocknet 10 Min. lang und wägt. Der Faktor für Quecksilber beträgt 0,2249. Die Verbindung ist bei längerem Stehen im Vakuum beständig.

Über die Beeinflussung des Verfahrens durch Eisen ist nichts angegeben. Seiner allgemeinen Einführung steht der hohe Preis des Äthylendiamins entgegen.

Nach Spacu und Armeanu[2]) läßt sich Quecksilber mit gestellter $[Cu \cdot en_2](NO_3)_2$-Lösung auch titrimetrisch, nach Spacu und Murgulescu[3]) auch potentiometrisch bestimmen.

Nach Bodnár[4]) soll die Trennung wie folgt erreichbar sein: die auf etwa 25 ccm verdünnte saure Lösung wird unter Kühlung mit konzentrierter Natronlauge bis zur alkalischen Reaktion und darauf mit 15 ccm 10 %iger Formaldehydlösung versetzt. (Bei Gegenwart von viel Cu $(OH)_2$ soll dieses mit Essigsäure in Lösung gebracht werden.) Nach Umschütteln und halbstündigem Stehenlassen filtriert man durch Filtrierpapier (589 Blauband) oder durch ein Glasfilter aus Jenaer Glas (Marke < 7, Poren 4—5 μ groß). Das abfiltrierte Quecksilber wird mit destilliertem Wasser (gegebenenfalls chlorfrei) gewaschen und sodann mit dem Filtrierpapier in dem zur Reduktion benutzten Kolben mit 10 ccm Salpetersäure versetzt. Nach vollständiger Auflösung des Quecksilbers gibt man 5 %ige Kaliumpermanganatlösung bis zur starken Färbung der Lösung hinzu, nimmt nach einigen Minuten die Rosafärbung der Lösung mit einigen Kubikzentimetern Ferroammoniumsulfatlösung weg und titriert mit gegen 100 %iges Quecksilber gestellter n/25 Ammoniumrhodanidlösung. Das anwesende Ferriammoniumsulfat wirkt als Indikator. Das Ende der Titration zeigt sich durch Rotfärbung der Flüssigkeit an. 1 ccm n/25 NH_4SCN-Lösung = 4 mg Hg. Durch die Kaliumpermanganatbehandlung sollen Merkuro- und Nitritionen beseitigt werden. Chlorionen dürfen nicht zugegen sein. Bei Verwendung eines Glasfilters löst man das Quecksilber durch langsames Durchsaugen von 10 ccm warmer Salpetersäure durch die Filterplatte.

Quecksilberhaltige Präparate, deren Quecksilbergehalt sich nach den üblichen Verfahren infolge störender Beimengungen nur schwierig ermitteln läßt, können nach der zuerst von Erdmann und Marchand[5]) beschriebenen Destillationsmethode analysiert werden. Nach Treadwell[6]) wird eine 50 cm lange und 1,5 cm breite Verbrennungsröhre mit einem Asbestpfropfen, dann mit einer 8 cm langen Schicht von reinem Kalk, weiter mit einer Mischung von Substanz und Kalk und hierauf mit einer 30 cm langen Kalkschicht, die man mit einem Asbestpfropfen abschließt, nicht zu fest gefüllt. Die Röhre zieht man hinter dem letzten Asbestpfropfen zu einer etwa 4 mm weiten Spitze aus, biegt diese rechtwinklig um und verbindet sie durch einen Gummischlauch mit dem leeren, engeren Schenkel einer sehr kleinen, gewogenen Péligotröhre mit lockerer Goldblattfüllung in dem anderen weiteren Schenkel.

---

[1]) Spacu, G., und Suciu, G., Ztschr. f. analyt. Chem. **77**, 1929, 334.
[2]) Spacu, G., und Armaenu, V., Chem. Ztrbl., 1934, II, 3531.
[3]) Spacu, G., und Murgulescu, I. G. ebd. 3530.
[4]) Bodnár, J., und Gervay, W., Ztschr. f. analyt. Chem. **74**, 1928, 95.
[5]) Erdmann und Marchand, Journ. f. prakt. Ch. **31**, 1844, 385.
[6]) Treadwell, F. P., Lehrb. d. analyt. Chem. II, 6. Aufl., Leipzig und Wien. 1913, S. 142.

Nach halbstündigem Durchleiten eines langsamen Leuchtgasstromes erhitzt man zunächst die 30 cm lange Kalkschicht bis zur schwachen Rotglut und erhitzt weiter langsam nach rückwärts, bis die ganze Röhre schwach glüht. Der größte Teil des Quecksilbers sammelt sich im Péligotrohr, während sich geringe Mengen davon in dem ausgezogenen Rohr kondensieren. Nach dem Erkalten des Apparates im Leuchtgasstrom schneidet man die Spitze rechts und links von dem Quecksilbertropfen ab, wägt sie, erhitzt das Röhrchen und wägt abermals. Durch das Péligotröhrchen leitet man längere Zeit trockene Luft durch, wägt und ermittelt die Quecksilbermenge aus den festgestellten Differenzen. Bodnár[1]) beschickt das Verbrennungsrohr mit einer 25 cm langen Schicht geglühter Kalkstückchen, einer 3—4 cm langen Schicht von körnigem Kupferoxyd, darauf mit der mit 20 g Kupferoxyd gemischten Substanz und weiter mit einer 3—4 cm langen Kupferoxydschicht. Er leitet trockenes Kohlendioxyd durch das Rohr, treibt das in dem gebogenen Ende des Rohres abgesetzte Quecksilber durch schwaches Erhitzen in das Péligotrohr über und wägt endlich das abdestillierte Quecksilber oder titriert es mit Ammoniumrhodanid nach Volhard in stark saurer Lösung.[2])

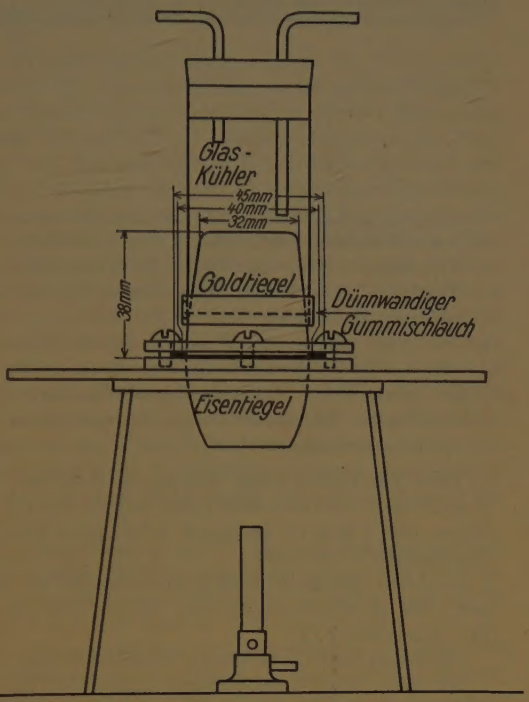

Abb. 62.

Für die Destillationsmethode nimmt man Substanz mit etwa 0,2—0,5 g Quecksilber. Bei Anwesenheit von Jodquecksilber muß man die größere Menge des im vorderen Teil der Röhre befindlichen Kalkes durch Kupferdrahtspiralen ersetzen. Auffangen des destillierenden Quecksilbers unter Wasser[3]), dessen Absetzung und Vereinigung zu einer Kugel man durch Zugabe von Alkohol und Äther zum Wasser beschleunigen kann, gibt um etwa 10 % Hg zu niedrige Werte.

Whitmore[4]) bestimmt das Hg in Beizmitteln durch Destillation in besonderem Gerät (s. Abb.). Es besteht aus zwei geflanschten Tiegeln, die sich an den Rändern durch zwei Ringe und Scheiben miteinander verbinden lassen. Der obere etwas weitere Tiegel ist aus Gold, der untere aus Eisen. Auf dem Goldtiegel ist vermittels Gummiring ein Kühler angebracht. Das Gerät steht auf einer durchlochten Asbestscheibe, die den Eisentiegel nicht ganz bis zur Hälfte durchläßt. — Der Eisentiegel wird mit einem Gemisch aus 1 g Substanz und 5 g Na_2CO_3 beschickt, das mit etwas Na_2CO_3 und darauf mit 10 g $BaCO_3$ überschichtet wird. Nach dem Zusammensetzen des Gerätes wird der Eisentiegel gelinde erhitzt. Da das Hg am besten bei etwa 50° amalgamiert, darf das Kühlwasser nur wenig laufen. Man erhitzt 30 Minuten lang unterhalb Rotglut, läßt abkühlen, trennt den Goldtiegel ab, wäscht ihn mit 95 % Alkohol, entfernt den Alkohol durch Erwärmen in der Hand, trocknet weiter über $CaCl_2$ bis zur Gewichtskonstanz und wägt. Die anzuwendende Menge Substanz

[1]) Bodnár, J., und Gervay, W., Ztschr. f. analyt. Chem. **74**, 1928, 104.
[2]) Volhard, J., Ztschr. f. analyt. Chem. **18**, 1879, 288.
[3]) Classen, A., Ausgewählte Meth. d. analyt. Chem. Braunschweig, 1901, I, S. 49.
[4]) Whitmore, Organic compounds of mercury, The Chemical Catalog Co, 365, J. Assoc. Official Agric. Chem. **15**, 1932, 67; **13**, 1930, 156.

richtet sich nach ihrem Hg-Gehalt, der Goldtiegel hält sicher bis zu 0,12 g Hg fest. Das Hg des Goldtiegels wird nach der Analyse am besten wegen der großen Giftigkeit der Hg-Dämpfe im Freien verjagt, wobei nicht zu stark erhitzt werden darf, weil sonst das Gold schmilzt.

Bodnár[1]) empfiehlt für die Berechnung der nach den verschiedenen Verfahren erhaltenen Quecksilbermengen folgende Korrekturen:

	Korrektur Hg	
	bei gravimetrischen Bestimmungen mg	bei titrimetrischen Bestimmungen nach Bodnár (Hg-Verbindung zunächst zu Hg reduziert) mg
a) bei chlorfreien oder wenig Chlor enthaltenden Beizmitteln, organische Substanz nach Wöber oder durch Schwefelsäure + Salpetersäure zerstört	—	0,3
b) bei viel Chlor enthaltenden Beizmitteln, organische Substanz nach Wöber zerstört	0,5	0,3 + 0,5 = 0,8
c) bei viel Chlor enthaltenden Beizmitteln, organische Substanz durch Schwefelsäure + Salpetersäure zerstört	0,7	0,3 + 0,7 = 1,0

Über die Bestimmung des Hg in Holz vgl. Rütgerswerke[2]), über Nachweis des Hg in gebeiztem Getreide Kühl und Czyzewsky[3]), Schmidt und Tornow[4]) sowie Lepper.[5]) Einen nur 5 Min. in Anspruch nehmenden Nachweis des Hg neben allen anderen Metallen beschreibt Trischin.[6])

Majer[7]) beschreibt eine Mikromethode, die gegenüber der Bodnárschen Vorteile zeigen soll. Zur Bestimmung kleiner Mengen (bis 0,01 mg) durch vergleichbare Ringe von HgJ_2 vgl. Delauney.[8])

Nachweis und Bestimmung kleinster Mengen Hg.[9]) Sammelreferat Cucuel.[10])

Als neue, sowohl gravimetrisch als auch titrimetrisch ausführbare Bestimmungsmethode schlagen G. und P. Spacu[11]) die Fällung des Mercurosalzes mit KJO_3-Lösung als schwerlösliches Mercurojodat vor. Stschigol[12]) benutzt eine Reaktion zwischen HgO und Glyzerin zur titrimetrischen Bestimmung; Augusti[13]) fällt Hg als $(Hg_2N)_2CrO_4 \cdot 2H_2O$, löst den Niederschlag und titriert ihn.

[1]) Bodnár, J., Ztschr. f. analyt. Chem. **74**, 1928, 102.

[2]) Rütgerswerke A.G., Chem. Ztg. **56**, 1932, 731.

[3]) Kühl, A., und Czyzewsky, B., Z. ges. Getreide- u. Mühlenwesen **20**, 1933, 68—70; Chem. Ztrbl., 1933, I, 3812.

[4]) Schmidt, E., und Tornow, E., Fortschritte der Landwirtschaft **7**, 1932, 40, 481. Chem. Ztg. **56**, 1932, 187, 206

[5]) Lepper, W., Landw. Versuchsstat. **117**, 1933, 109; Chem. Ztrbl., 1933, II, 3181.

[6]) Trischin, F. L., Chem. J. Ser. B. **7**, 1934, 1282—84 (russ.); Chem. Ztrbl. 1935, II, 1584.

[7]) Majer, V., Mikrochemie **11**, 1932, 21.

[8]) Delauney, A., Ann. Falsific. Fraudes **25**, 1932, 409; Chem. Ztrbl., 1933, I, 1326.

[9]) Stock, A., Angewandte Ch. **46**, 1933, 62, 187; **44**, 1931, 200; **42**, 1929, 424; **41**, 1928, 1336; Thilenius, R., u. Winzer, R., a. a. O. **42**, 1929, 284; Spacu, G., Z. f. analyt. Ch. **78**, 1929, 245; Chem. Zentralbl., 1929, II, 3041; Bodnár, J., Biochem. Z. **205**, 1929, 219; Fischer, H., u. Leopoldi, G., Z. f. analyt. Chem. **103**, 1935, 241—57; Strafford, N., u. Wyatt, P. F., Analyst **61**, 1936, 528—35; Chem. Ztrbl., 1936, II, 2950; Lobo, R., Anal. Farmac. Bioquim. **7**, 1936, 1—2; Chem. Ztrbl., 1937, I, 941.

[10]) Cucuel, F., Mikrochemie **13** (N. F. **7**), 1933, 321—364.

[11]) Spacu, G. u. P., Ztschr. f. anal. Chem. **96**, 1934, 30—34; Chem. Ztrbl., 1934, I, 1844.

[12]) Stschiogol, M., Ztschr. f. analyt. Chem. **96**, 1934, 330; Chem., Ztrbl. 1934, II, 288, 289.

[13]) Augusti, S., Gazz. chim. ital. **65**, 1935, 689; Chem. Ztrbl., 1936, I, 1923.

Thallium

Der *Nachweis* kann spektroskopisch durch die sehr charakteristische grüne Linie der Wellenlänge 535,0 $\mu\mu$ erfolgen, die ganz anders als die benachbarte Ba-Linie 534,7 $\mu\mu$ hervorleuchtet. Mit Thionalid konnten Berg und Roebling[1]) bis zu 0,02 γ Tl nachweisen; durch eine blaugrüne Färbung mit Leuko-o-nitrobrillantgrün sind nach Kuhlberg[2]) 0,09 γ bei einer Grenzverdünnung von 1 : 550000 erkennbar.[3])

Für die *Bestimmung* des Thalliums in Pflanzenschutzmitteln dienen die Thallojodid- (TlJ), die Thallochromatmethode (Tl_2CrO_4) und ein Titrationsverfahren vermittels $KMnO_4$.[4]) Bei der ersten Arbeitsweise bedingt die geringe Löslichkeit des TlJ in Wasser bestimmte Vorsichtsmaßregeln. Von dem Verband landwirtschaftlicher Versuchsstationen ist auf Vorschlag von Mach[5]) für die Untersuchung von Zeliopräparaten die Jodidmethode in der folgenden Ausführung als Verbandsverfahren festgelegt worden: 5 g gemahlene Zeliokörner oder 5 g Zeliopaste werden im Kjedahlkolben unter Zugabe von Siedesteinchen mit 100 ccm Salpetersäure (spez. Gew. 1,4) und 10 ccm konzentrierter Schwefelsäure gekocht. Zu dem dunkelgefärbten Rückstand setzt man Natriumnitrat in kleinen Portionen zu, bis die Lösung farblos bleibt. Zur Zersetzung der Nitrosylschwefelsäure kocht man unter Zufügung von frischen Siedesteinchen mit Wasser, gibt etwa 25 ccm 6%ige schweflige Säure zur Reduktion von möglicherweise gebildetem Thallisulfat zu, kocht das überschüssige SO_2 fort, verdünnt mit Wasser und neutralisiert mit Ammoniak (Indikator Rosolsäure). Man spült den Kolbeninhalt in einen 200 ccm-Kolben, gibt 5 ccm Eisessig hinzu, füllt auf, filtriert, erhitzt 100 ccm des Filtrates auf 80—90° und fällt mit 25 ccm 4%iger Kaliumjodidlösung das Thallium aus. Nach dem Abkühlen filtriert man durch einen Porzellansintertiegel, spült den Niederschlag mit möglichst wenig Waschflüssigkeit, die 1% Kaliumjodid und 1% Essigsäure enthält, ein, wäscht mit wenig 80%igem Azeton nach und trocknet eine halbe Stunde bei 120—130°. $TlJ \times 0{,}6170 = Tl$.

Nach Soule[6]) läßt sich Thallium als Thallojodid bestimmen, indem man die zum Kochen erhitzte Lösung des Salzes mit KJ-Lösung versetzt. Nach 24stündigem Stehen filtriert man durch ein Papierfilter, in dessen Spitze sich ein Baumwollpfropfen befindet. Das Filter wäscht man vor der eigentlichen Filtration mit 25 ccm heißem H_2O, darauf mit 50 ccm gesättigter Thallojodidlösung aus, spült je 3mal mit Alkohol und Äther nach, trocknet bei 100° und wägt. Die Behandlung des Niederschlages auf dem Filter geschieht ebenso. Durch einen Vorversuch bestimmt man die notwendige Menge zuzusetzenden Kaliumjodids, indem man einen Teil der Lösung mit HNO_3 oder H_2SO_4 gegen Lakmus schwach ansäuert und 0,1 n KJ-Lösung zugibt, bis einige Tropfen des Filtrates mit $FeCl_3$ und $CHCl_3$ auf KJ und J_2 reagieren. Das Verfahren soll genau sein.

Für die von Browning und Hutchins[7]) beschriebene Chromatmethode geben Mach und Lepper[8]) folgende Arbeitsweise an: Man schließt 10 g gemahlene Zeliokörner mit Schwefel-Salpetersäure bis zum vollkommenen Vertreiben der HNO_3 auf und kocht die mit H_2O verdünnte Lösung zur Reduktion etwa entstandenen Thallisulfates mit schwefliger Säure. Der Überschuß an SO_2 wird durch weiteres Kochen entfernt. Nach dem Neutralisieren mit NH_3 fällt man mit 25 ccm Eisenzitratlösung und 25 ccm Magnesialösung die Phosphorsäure, rührt eine Stunde, füllt auf 400 ccm auf, gibt zu 100 ccm des Filtrates 25 ccm 4%ige K_2CrO_4-Lösung, läßt 12—18 Stunden stehen, filtriert durch einen Goochtiegel, wäscht zuerst mit 1%iger K_2CrO_4-Lösung und dann mit wenig 80%igem Azeton und trocknet eine Stunde bei 120—130°. 1 mg $Tl_2CrO_4 = 0{,}962$ mg $Tl_2SO_4 = 0{,}779$ mg Tl.

---

[1]) Berg, R., und Roebling, W., Angew. Chem. **48**, 1935, 430—32.

[2]) Kuhlberg, L. M., Betriebs-Lab. (russ.) **4**, 1935, 1215—18; Chem. Ztrbl. 1936, I, 4599.

[3]) Steenhauer, A. J., Mikrochemie, Pregel-Festschr. 1929, S. 315; Ch. Ztrbl. 1930, I, 1184.

[4]) Vgl. Ztschr. f. anal. Chem. **58**, 1919, 280.

[5]) Landwirtschaftl. Versuchsstationen **110**, 1930, 243.

[6]) Soule, S., Chemist-Analyst **17**, 1928, 4; Chem. Ztrbl. 1928, II, 1699.

[7]) Browning, P., E., u. Hutchins, G. P., Ztschr. f. analyt. Chem. **40**, 1901, 39; **58**, 1919, 284.

[8]) Mach, F., u. Lepper, W., Ztschr. f. analyt. Chem. **68**, 1926, 44.

Nach Moser, Brukl und Kosseck[1]) ist für die Bestimmung des Thalliums die Chromatmethode dem Jodidverfahren vorzuziehen. Die siedende ammoniakalische Lösung des Thalliumsalzes versetzt man mit K_2CrO_4-Lösung, bis sie 2% davon enthält, dekantiert den ausgeschiedenen Niederschlag nach zwölfstündigem Stehen mit 1%igem K_2CrO_4, filtriert mit 50%igem Alkohol durch ein Asbest- oder Glasfilter und wäscht sorgfältig aus. Der Niederschlag wird bei 120° getrocknet und gewogen. Es werden verschiedene Verfahren zur Trennung des Thalliums von anderen Metallen angegeben.

Die dritte, von Bodnár und Terényi[2]) empfohlene Methode stützt sich auf Angaben von Willm[3]), wonach in verdünnter H_2SO_4 gelöste Thalloverbindungen in Gegenwart von HCl vermittels $KMnO_4$ in der Hitze in $TlCl_3$ übergeführt werden:

$$2\,KMnO_4 + 16\,HCl = 2\,KCl + 2\,MnCl_2 + 5\,Cl_2 + 8\,H_2O$$

$$5\,TlCl + 5\,Cl_2 = 5\,TlCl_3.$$

1 ccm n/10 $KMnO_4$ = 10,2 mg Tl = 12,59 mg Tl_2SO_4.

Bodnár fand, daß allzuviel HCl nicht vorhanden sein darf, da sonst von der HCl in der heißen Lösung etwas $KMnO_4$ verbraucht wird. Zur Titrierung einer verdünnten, schwefelsauren Lösung von 50—70 ccm, die ungefähr 50—100 mg Thallium enthält, sind 2—3 ccm einer 10%igen HCl nötig.

Für die Untersuchung von Zeliopräparaten geben Bodnár und Terényi folgende Vorschrift: 10 g Zelioweizen oder 7,5 g Paste (diese zunächst eintrocknen, zerdrücken und mit einigen Tropfen H_2SO_4 versetzen) werden in einer flachen Porzellanschale von 8 cm Durchmesser verkohlt (nicht verascht). Während der Verkohlung wird die zusammengesinterte Masse mit einem Glasstab wiederholt zerdrückt. Die Verkohlung der Körner benötigt 1—1½, die der Pasten etwa 2—2½ Stunden. Aus der zu Pulver zerdrückten, vollkommen verkohlten Substanz wird mit heißer 10—15%iger Schwefelsäure das Thalliumsulfat herausgelöst. Die von der Kohle abfiltrierte Lösung ist, falls die Verkohlung vollkommen war, ganz wasserklar. Die Lösung wird mit einigen Tropfen schwefliger Säure zwecks Reduktion etwa vorhandenen Thallisulfats und 3 ccm 10%iger Salzsäure versetzt und einige Minuten lang gekocht. Zur heißen Lösung wird so lange n/10 $KMnO_4$-Lösung tropfenweise hinzugegeben, bis die Lösung mindestens 5 Min. lang schwach rosafarbig bleibt. Zur glatten Erkennung der Endreaktion ist wiederholtes Erhitzen der Lösung während der Titration zu empfehlen. 1 ccm 0,1 n $KMnO_4$ = 12,04 mg Tl_2SO_4. Da bei der Verkohlung der organischen Substanz ein kleiner Verlust an Thallium (etwa 4%) eintritt, müssen bei der Untersuchung der Zeliopräparate 4% des gefundenen Tl_2SO_4 hinzugerechnet werden.

Weitere Verfahren zur Thalliumbestimmung auf Grund der Reaktionen

$$TlNO_3 + 2\,AgCl + 3\,NaOH = Tl(OH)_3 + 2\,NaCl + NaNO_3 + 2\,Ag$$

und

$$TlNO_3 + J_2 + 3\,NaOH = Tl(OH)_3 + NaNO_3 + 2\,NaJ$$

beschreibt Troitzki.[4])

Kleinste Mengen Thallium lassen sich mit einem $ZrOCl_2$ und Na-Alizarin-monosulfonat enthaltenden Reagens bestimmen.[5]) Mengen von 5—200 γ in Gegenwart von 1 g anderer Metallsalze bestimmt Haddock[6]) kolorimetrisch mit Dithizon.

Eisenvitriol

Eisenvitriol wird durch feuchte Lagerung infolge Oxydation entwertet. Seine Untersuchung läßt sich wie folgt durchführen: 50 ccm einer mit H_2SO_4 angesäuerten und auf 1 l aufgefüllten wässerigen Lösung von 10 g Substanz in einem mit CO_2 gefüllten Kolben versetzt man mit 6—8 ccm Mangansulfatlösung, verdünnt mit ausgekochtem Wasser auf etwa

[1]) Moser, L., Brukl, A., u. Kosseck, L., Monatsh. f. Chem. **47**, 1926, 709—725.

[2]) Bodnár, J., u. Terényi, A., Ztschr. f. analyt. Chem. **69**, 1926, 29.

[3]) Willm, E., Ztschr. f. analyt. Chem. **2**, 1863, 370.

[4]) Troitzki, M. W., Ref. Chem. Ztrbl. 1933, I, 1483, 1484.

[5]) Analyst **59**, 1934, 378; Chem. Ztrbl. 1934, II, 3293. Siehe ferner Lepper, W., Z. f. analyt. Ch. **79**, 1929, 321.

[6]) Haddock, L. A., Analyst **60**, 1935, 394—99; Chem. Ztrbl. 1935, II, 3134.

500 ccm und titriert in der Kälte mit n/10 $KMnO_4$-Lösung (1 ccm = 0.005584 g Fe^{II}). Die Mangansulfatlösung erhält man durch Lösen von 67 g Mangansulfat ($MnSO_4 + 4H_2O$) in 600 ccm H_2O, Hinzufügen von 138 ccm Phosphorsäure (D = 1,7) sowie 130 ccm H_2SO_4 (D = 1,82) und Auffüllen auf 1 l. Das vorhandene Ferrisalz findet man durch Bestimmung des Gesamteisengehaltes: Neutralisieren der Eisensalzlösung mit Na_2CO_3, Hinzufügen von überschüssiger schwefliger Säure, Kochen der Lösung bis zum vollständigen Vertreiben des überschüssigen SO_2 unter gleichzeitigem Durchleiten von CO_2 und Titration in der Kälte mit n/10 $KMnO_4$ nach Ansäuerung mit Mangansulfatlösung und Verdünnen wie angegeben.

Über die Titration von Eisensalzen mit Titanochlorid s. Treadwell, F. P., Quantitative Analyse. 6. Aufl., 1913, 594.

Kalk

Branntkalk läßt sich nach Lunge-Berl[1]) wie folgt auf CaO und $CaCO_3$ untersuchen: Man löscht 100 g, verdünnt die Kalkmilch auf 500 ccm, pipettiert unter Umschütteln 100 ccm ab, füllt diese auf 500 ccm auf und titriert 25 ccm davon langsam und unter Umschütteln mit n/HCl (Indikator Phenolphthalein) bis zum Verschwinden der Rosafärbung. Bei diesem Punkte ist der Kalk neutralisiert, $CaCO_3$ aber noch nicht angegriffen. 1 ccm n/HCl = 0,02804 g CaO. Der Verband der Lederchemiker in U. S. A. führt diese Titration bei der Untersuchung von Brannt- und Löschkalk wie folgt aus: Eine Mischung von 1,4 g sehr fein gepulverte Substanz mit 150 ccm heißem Wasser wird im bedeckten 250 ccm Becherglas bis zum Kochen erhitzt und 3 Min. gekocht. Nach dem Abkühlen titriert man nach Zugabe von 2 Tropfen Phenolphtalein mit n/1 HCl anfangs sehr schnell, später etwas langsamer unter heftigem Umschütteln, bis die Lösung 1—2 Sek. lang farblos bleibt. Die Titration wird mit neuen 1,4 g in einem 500 ccm Meßkolben wiederholt, wobei zunächst die anfangs verbrauchten ccm n/1 HCl weniger 5 ccm zugefügt werden (ccm = A). Wenige Teilchen am Boden des Kolbens werden mit einem abgeplatteten Glasstab zerdrückt. Man füllt zur Marke auf, schüttelt 5 Min. lang und läßt 30 Min. stehen. Darauf werden ohne Filtration 100 ccm der Flüssigkeit mit n/2 HCl (Indikator Phenolphtalein) zu Ende titriert (ccm = B). Der Prozentgehalt von vorhandenem CaO = 2A + 5B.[2]) Zur Bestimmung von $CaCO_3$ löst man eine gewogene Menge in n/1 HCl und titriert den Überschuß mit n/1 NaOH (Indikator Methylorange) zurück. $CaCO_3$ erhält man durch Abziehen des zuerst gefundenen CaO vom Titrationswert. Für ganz genaue Bestimmungen setzt man die CO_2 durch HCl in Freiheit und bestimmt sie gasvolumetrisch[3]) oder durch Auffangen in Absorptionsgeräten.

Die Titration von $Ca(OH)_2$ und $Mg(OH)_2$ in Löschkalk läßt sich wie folgt durchführen: Man löst in einem 250 ccm Schott-Meßkolben 0,75 g der Probe in 25 ccm n/HCl und titriert mit n/2 NaOH zurück (Indikator Phenolphthalein), indem man vor dem Ende der Titration zwecks Vertreibung von CO_2 aufkocht. Die neutrale Lösung wird zum Sieden erhitzt, mit 10 ccm Essigsäure und 25 ccm konzentriertem NH_3 versetzt und nochmals aufgekocht. Darauf gibt man langsam 50 ccm n/2 Oxalsäure hinzu, füllt bis zur Marke auf und filtriert nach öfterem Umschütteln in etwa 5 Min. ab. In 100 ccm des Filtrates wird die Oxalsäure nach Zugabe von Schwefelsäure und etwas Mangansulfat wie üblich mit n/10 $KMnO_4$ titriert. Die Differenz aus 50 ccm n/2 Oxalsäure und der im gesamten Filtrat ermittelten Menge n/2 Oxalsäure, mit 0,0185 multipliziert, ergibt das vorhandene $Ca(OH)_2$, die Differenz aus dem anfänglich auf $Ca(OH)_2$ berechneten Titrationswert und den ermittelten $Ca(OH)_2$, multipliziert mit 0,788 das vorhandene $Mg(OH)_2$. Bei Gegenwart von Karbonaten ist das Ergebnis entsprechend zu berichtigen. In ähnlicher Weise läßt sich auch Branntkalk auf CaO und MgO untersuchen.[4]) Ein anderes Verfahren (nach Newberry) siehe Lunge-Berl.[5]) Hornke[6]) gibt für die Bestimmung von CaO und MgO im Kalk folgendes titrimetrische

[1]) Lunge-Berl, Chem.-techn. Untersuchungsmethoden. 7. Aufl. 1921, I, 977.

[2]) Concrete, **10**, 1917, 25; J. Am. Leather Chem. Assoc., **16**, 1921, 438; Chem. Met. Eng., **25**, 1921, 740.

[3]) Lunge, G., und Rittener, A., Ztschr. f. angew. Ch. **19**, 1906, 1849.

[4]) Vgl. Lunge-Berl, 7. Aufl. 1922, II, 782.

[5]) Ebd. 7. Aufl. 1922, II, 780.

[6]) Hornke, Tonindustrie-Ztg. **61**, 1937, 311.

Schnellverfahren an: 1,0 g Kalk wird mit Wasser und Salzsäure bis zur vollkommenen Zersetzung erwärmt. Nach Zugabe einiger Tropfen H_2O_2 erhitzt man zum Sieden, fügt NH_3 im schwachen Überschuß zu, filtriert und wäscht mit 2%iger NH_4Cl-Lösung nach. Bei großen Magnesiamengen ist der Niederschlag nochmals in HCl zu lösen und die Fällung zu wiederholen. Das bzw. die vereinigten Filtrate werden auf 500 ccm verdünnt. 100 ccm davon erhitzt man zum Sieden, gibt 1 ccm NH_3 und 25 ccm 4%ige Ammonoxalatlösung (ein großer Überschuß von $C_2O_4(NH_4)_2$ beeinträchtigt die nachfolgende Fällung des MgO.[1]) hinzu, läßt 2 Min. kochen und 15 Min. in der Wärme stehen, filtriert und wäscht aus. Niederschlag und Filter werden in Wasser suspendiert und nach starkem Ansäuern mit H_2SO_4 und Erwärmen auf 70° wie üblich mit Permanganatlösung titriert. Das Filter stört bei der Titration nicht. 1 ccm n/10 $KMnO_4$ = 0,0028063 g CaO. Das Filtrat der Kalkfällung erhitzt man in einem 200 ccm fassenden Erlenmeyerkolben mit Schliffstopfen zum Sieden, gibt 1 ccm 20%iger NH_3-Lösung und 2 ccm 10%ige Na_2HPO_4-Lösung hinzu. Nach Umschütteln und 5 Min. langem Stehen wird sofort abgekühlt und 20 Min. lang kräftig geschüttelt. Der Niederschlag wird abfiltriert, mit 10%igem NH_3 gewaschen und samt Filter in dem Fällungskolben in etwa 50 ccm H_2O suspendiert. Den Niederschlag löst man nach Zugabe von Methylorange in gestellter HCl, wobei man einige Zeit umschütteln muß und titriert mit Natronlauge zurück. 1 ccm n/10 HCl = 0,002015 g MgO. Entfernung geringer Mengen dem Filter und Niederschlag anhaftendem NH_3 gibt Hornke nicht besonders an. Das Filter kann natürlich erst nach vollständigem Verdunsten des NH_3 weiterverarbeitet werden. Nach Raschig, F.[2]), kann man das $MgNH_4PO_4$ auf dem Filter unbedenklich mit einigen Kubikzentimeter H_2O zur Entfernung von NH_3 behandeln. Hundeshagen[3]) nimmt dafür wenig Alkohol; er benutzt des deutlicheren Umschlages wegen Cochenilletinktur als Indikator. Hebebrand[4]) fand reine Carminsäure (0,5 g in 100 ccm Alkohol) noch geeigneter.

Die Menge des im Löschkalk vorhandenen Wassers wird durch anfänglich gelindes, späteres Erhitzen bis zur starken Rotglut von 1 g im Platintiegel ermittelt. Der Gewichtsverlust ist Wasser + CO_2. Die Menge des im Löschkalk außer $Ca(OH)_2$ vorhandenen Wassers läßt sich nach einem Verfahren der Chemischen Fabrik Griesheim-Elektron im Nitrometer vermittels Kalziumkarbid bestimmen.[5])

Über vollständige Analysen der Kalkarten, Glühverlust, Grubenfeuchtigkeit, Unaufgeschlossenes (Ton und Sand), Kieselsäure, Tonerde und Eisenoxyd, Kalk, Magnesia, Schwefelsäure, Sulfide siehe Lunge-Berl.[6])

Arsen

Allgemeine Methoden

Für die Bestimmung des Arsens in Pflanzenschutzmitteln benutzt man hauptsächlich Arsendestillationsmethoden, bei denen das Arsen in Form flüchtigen Arsentrichlorids von allen übrigen Bestandteilen der Präparate getrennt wird. Bei Gegenwart von Antimon und Zinn darf die Temperatur der siedenden Lösung 110° nicht übersteigen, da sonst etwas Sb und Sn mit übergehen können.[7])

Für Schweinfurtergrün, Bleiarsenat, Kalziumarsenat, Magnesiumarsenat, Zinkarsenat und andere Arsenpräparate, *die Nitrate oder störende organische Verbindungen nicht enthalten*, eignet sich folgende auf Angaben von Heiduschka und Reuß[8]) sich stützende einfache und zuverlässige Methode. Die Substanz, die nicht mehr als 0,2 g Arsen enthalten soll, wird mit ungefähr 8 g Ferrosulfat ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) und 100 ccm reiner Salzsäure (spez. Gew. 1,19) in einen

[1]) Babkin, M. P., und Tschuiko, W. T., Chem. Ztrbl. II, 2039.
[2]) Raschig, F., Z. f. angew. Ch. **18**, 1905, 374.
[3]) Hundeshagen, Chem. Ztg. **18**, 1894, 445.
[4]) Hebebrand, Ztschr. f. analyt. Ch. **37**, 1898, 217.
[5]) Lunge-Berl, 7. Aufl. 1921, I, 977.
[6]) Lunge-Berl, 7. Aufl. 1922, II, 785—792.
[7]) Lunge-Berl, 7. Aufl., II, 448; Röhre, J., Z. f. analyt. Ch. **65**, 1924/25, 124; Moser, L., und Perjatel, F., Monatshefte f. Chem. **33**, 1912, 797; vgl. Z. f. analyt. Ch. **52**, 1913, 314.
[8]) Heiduschka, A., u. Reuß, A., Ztschr. f. analyt. Chem. **50**, 1911, 269.

200 ccm fassenden Rundkolben gegeben. Unmittelbar darauf wird auf den Kolben ein wie bei der Kjeldahlschen Stickstoffbestimmung üblicher Kugelaufsatz mit angeschmolzenem, etwa 75 cm langem, 20 cm vom Ende im stumpfen Winkel umgebogenem Glasrohr von 8 mm lichter Weite aufgesetzt. Das hintere Rohrende, das unter der Biegung kugelförmig oder besser noch zylindrisch zwecks Auffangen etwa zurücksteigender Flüssigkeit aus der Vorlage während der Destillation erweitert ist, geht durch einen doppelt durchbohrten Stopfen bis fast auf den Boden eines Erlenmeyerkolbens von etwa 700 ccm Inhalt. Die andere Stopfenöffnung dient zur Aufnahme eines kleinen, mit Glaswolle gefüllten Péligotrohres. Der Erlenmeyerkolben sowie das Péligotrohr werden mit insgesamt etwa 250 ccm wässeriger Natronlauge, die ungefähr 45 g NaOH enthält, beschickt. Den Kolben kühlt man mit Eiswasser oder auch in lebhaft fließendem Leitungswasser. Man destilliert über freier Flamme etwa zwei Drittel bis drei Viertel der Salzsäure über. Darauf wird der Aufsatz vom Destillationshalter gelöst, wobei man darauf achten muß, daß das Destillat nicht zurücksteigt. Nach dem Erkalten des Destillates öffnet man den Erlenmeyerkolben, spült den Inhalt des Péligotrohres hinein und füllt auf 1 l auf. 200 ccm davon werden nach Ansäuern mit Salzsäure bis zur schwach salzsauren Reaktion und Zugabe von Natriumbikarbonat bis zum Überschuß von 4—5 g mit n/10 Jodlösung unter Zugabe von Stärkelösung titriert. 1 ccm n/10 Jodlösung = 0,00495 g As_2O_3 und 0,00575 g As_2O_5. Zur Kontrolle, ob alles Arsen übergegangen ist, kann der Destillationsrückstand nochmals mit 3 g Ferrosulfat und 40 ccm konzentrierter Salzsäure versetzt und die Salzsäure (40 ccm) in neue Natronlauge mit einem Gehalt von etwa 20 g NaOH überdestilliert werden. Bei Anwendung starker Salzsäure (spez. Gew. 1,19) geht das gesamte Arsen stets bei der ersten Destillation über.

Die Association of Official Agricultural Chemists der USA. verwendet für oben genannte Mittel nachstehendes Verfahren:

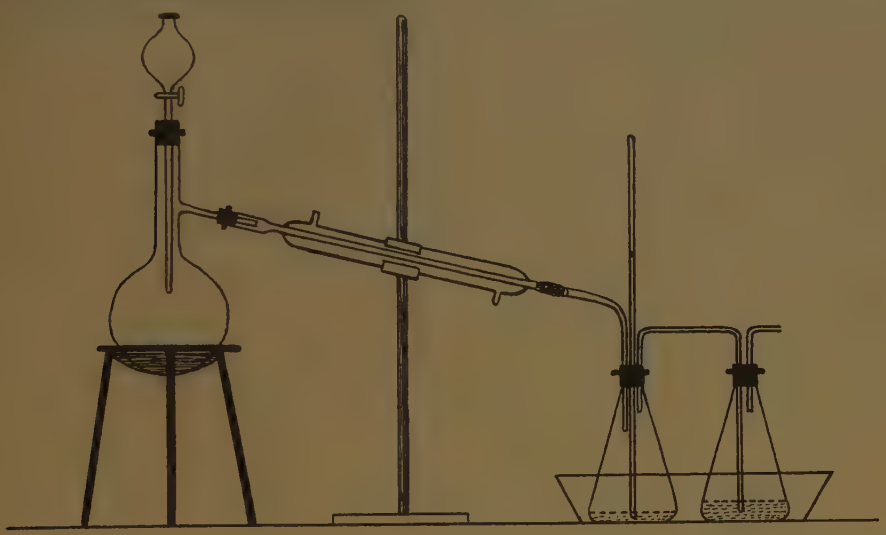

Abb. 63.

Der Destillationskolben und die beiden Vorlagen fassen je 500 ccm. Die Vorlagen werden mit fließendem Wasser oder mit Eiswasser gekühlt. Nachdem der Destillationskolben mit der zu untersuchenden Substanz, die nicht mehr als 0,4 g As enthalten soll, mit 100 ccm Salzsäure (spez. Gew. 1,19) und 5 g Cuprochlorid beschickt ist, destilliert man etwa 60 ccm ab, fügt vermittels des Tropftrichters weitere 50 ccm Salzsäure hinzu und setzt die Destillation unter den gleichen Bedingungen fort. Die Zugabe von je 50 ccm Salzsäure und die Destillation werden so lange fortgesetzt, bis insgesamt 200 ccm Säure übergegangen sind. Nach dem Abspritzen des Kühlerrohres und der Verbindungsstücke wird der Inhalt der Vorlagen vereinigt auf 1 l aufgefüllt. 200 ccm der Lösung neutralisiert man unter Kühlung mit Natronlauge (Indikator Phenophthalein), versetzt wieder mit einigen Tropfen Salzsäure bis zur

deutlich sauren Reaktion und gibt Natriumbikarbonat im Überschuß von 4—5 g hinzu. Darauf wird mit n/20 Jodlösung titriert (Indikator Stärkelösung). 1 ccm = 0,0025 g As_2O_3. Man kann auch 200 ccm des aufgefüllten Destillates mit Natriumbromatlösung ($NaBrO_3$) titrieren. Die Flüssigkeit wird hierzu auf 90° erhitzt und mit gegen n/10 arsenigsaure Lösung gestellter n/20 Bromatlösung (1,26 g $NaBrO_3$ je Liter) titriert. Als Indikator fügt man 5 Tropfen Methylorangelösung (1 g Methylorange in 1 l H_2O) erst gegen Ende der Titration hinzu. Die Bromatlösung wird zuletzt sehr langsam zugegeben. Übertitrierte Lösungen lassen sich mit n/10 Arsenigsäurelösung zurücktitrieren.

Terényi und Paskuj[1]) destillieren aus 0,1—2 g (je nach der Menge des vorhandenen Arsens, die zwischen 10—120 mg schwanken kann) von Pflanzenschutzmitteln ohne organische Substanz unter Zugabe von 5 g $FeSO_4 \cdot 7\,H_2O$, 2 g KBr und 50 ccm Salzsäure (spez. Gew. 1,19) das Arsen mit den ersten übergehenden 25 ccm Säure unter Benutzung eines mit 100 ccm Wasser beschickten Adsorptionskolbens nach Fresenius-Volhardt als Vorlage ab. Das abdestillierte As^{III} wird nach der Bromatmethode titriert.

Destillationsmethoden, bei denen Hydrazinsalze als Reduktionsmittel Verwendung finden und Nitrate nicht stören sollen.

Die Substanz, die nicht mehr als 0,4 g As enthalten soll, wird im Destillationskolben (Apparat S. 587) mit 50 ccm Hydrazinsulfat-Natriumbromidlösung (Auflösung von 20 g Hydrazinsulfat und 20 g Natriumbromid in Salzsäure spez. Gew. 1,040) versetzt. Man verschließt den Kolben mit einem mit Tropftrichter versehenen Aufsatz, verbindet ihn mit dem Kühler des Apparates und erhitzt 2—3 Min. bis zum Kochen. Darauf fügt man durch den Tropftrichter 100 ccm Salzsäure (spez. Gew. 1,19) hinzu, destilliert bis auf 40 ccm Kolbeninhalt in die Vorlagen ab, gibt nochmals 50 ccm starke Salzsäure hinzu und destilliert weitere 50 ccm ab. Nach dem Abspülen des Kühlrohrs wird das Destillat in den Vorlagen auf 1 l aufgefüllt, in 200 ccm davon die arsenige Säure nach Zugabe von Bikarbonat (s. S. 588 oben) mit n/20 Jodlösung titriert. Man kann auch 200 ccm nach Zugabe von 10 ccm starker Salzsäure mit n/20 Bromatlösung (s. S. 588 oben) titrieren. Das 2—3 Min. lange Kochen der Flüssigkeit vor Zugabe der Salzsäure bezweckt die vollständige Reduktion der Arsenate und anderer oxydierender Stoffe, die sonst in stark salzsaurer Lösung aus Kaliumbromid Brom in Freiheit setzen können, das bei der Destillation mit übergehen und die Titration des Arsens im Filtrat unmöglich machen würde.[2]) Bei einer anderen Methode wird die Entwicklung des Broms dadurch vermieden, daß man die mit 100 ccm Salzsäure (spez. Gew. 1,19), 3 g Hydrazinsulfat, 1 g Kaliumbromid und Siedesteinchen gemischte Substanz im Destillationskolben unter öfterem Umschütteln 15 Min. stehen läßt und erst darauf nur einmal innerhalb von 45—60 Min. bis auf 20 ccm Kolbeninhalt durch einen Liebigschen Kühler in 300 ccm Wasser destilliert. Das Kühlerrohrende muß von dem vorgelegten Wasser abgeschlossen sein und während des ersten Teiles der Destillation weit eintauchen. Das Vorlagegefäß soll mit durchlochtem Uhrglas bedeckt oder auch mit zweimal durchlochtem, ein kleines Péligotrohr mit Wasser tragendem Gummistöpsel geschlossen sein. Bei Beschickung des Destillationskolbens mit dem Analysengut, 100 ccm Salzsäure (spez. Gew. 1,19), 3 g Hydrazinsulfat, 1 g Kaliumbromid und etwa 5 ccm 10%ige Hydrazinhydrochloridlösung kann die Destillation sofort vorgenommen werden, weil in diesem Falle das leicht lösliche stark reduzierende Hydrazindydrochlorid bereits zugegen ist, das sich im anderen Falle aus dem schwerer löslichen Hydrazinsulfat erst bilden muß. Das teuere Hydrazinhydrochlorid stellt man sich in etwa 10%iger Lösung durch Umsetzung von Hydrazinsulfat mit etwas weniger als der berechneten Menge Bariumchlorid selbst her.

Nach Röhre[3]) reduziert der sich aus KBr bildende Bromwasserstoff As^V zu As^{III} unter Bildung von Brom, das zum Teil in das Destillat übergeht und die Titration des Arsens unmöglich macht. Nach Terényi und Paskuj[4]) geht Brom bei Gegenwart von $FeSO_4$ nicht mit über. Jedenfalls sind aber bei den KBr benutzenden Arsendestillationsmethoden die Vorschriften zur Erzielung richtiger Ergebnisse genau zu beachten.

---

[1]) Terenyi, A., und Paskuj, J., Ztschr. f. analyt. Chemie **84**, 1931, 11.
[2]) Methods of analysis of the Association of official agricultural Chemists 1925, 549.
[3]) Röhre, K., Ztschr. f. analyt. Chem. **65**, 1924/25, 109.
[4]) Terényi, A., und Paskuj, J., Ztschr. f. analyt. Chem. **84**, 1931, 11 u. 12.

Bei arsenhaltigen Mitteln mit organischen Stoffen wird die Substanz mit etwa 20 ccm Salpetersäure (spez. Gew. 1,52) und 10 ccm Schwefelsäure in schräg gestelltem 200-ccm-Rundkolben, gegebenenfalls unter wiederholter Zugabe von Salpetersäure, bis zur Zerstörung der organischen Substanz und darauffolgendem Vertreiben der überschüssigen Salpetersäure bis zum Auftreten dicker weißer Dämpfe erhitzt. Die gebildete Nitrosylschwefelsäure beseitigt man durch Zugabe von 25 ccm und nochmals 5 ccm kalt gesättigter Ammoniumoxalatlösung und Eindampfen nach jedem Zusatz bis zum Auftreten von Schwefelsäuredämpfen.[1]) Zu der kalten Schwefelsäure gibt man 8 g Ferrosulfat, kühlt ab und verbindet den Rundkolben mit dem S. 587 oben beschriebenen Destillationsapparat. Der das Destillationsrohr tragende, diesmal doppelt durchbohrte Gummistopfen trägt ferner einen 100 ccm fassenden Tropftrichter. Durch den Tropftrichter des fertig zusammengestellten Apparates läßt man langsam 100 ccm HCl (spez. Gew. 1,19) fließen. Die Flüssigkeiten müssen vorher zur Vermeidung allzu starker Reaktion und Zurücksteigens der vorgelegten Natronlauge gut, am besten mit Eiswasser gekühlt sein. Etwa sich zeigende Neigung der Natronlauge zum Zurücksteigen kann man durch schnelles Erwärmen des Kolbeninhaltes verhindern. Man destilliert über freier Flamme etwa zwei Drittel bis drei Viertel der Salzsäure ab. Unmittelbar darauf wird der Hahn des Tropftrichters zwecks Verhinderung des Zurücksteigens der Vorlage geöffnet. In der Vorlage titriert man das Arsen wie S. 587 angegeben. Bei Gegenwart von Schwefelsäure darf die Destillation nicht bis zur Sirupdicke des Kolbeninhaltes fortgesetzt werden, weil sonst SO_3 sich bilden und mit übergehen kann. Die Benutzung dieses Verfahrens ist in den meisten Fällen angezeigt, weil die Präparate, auch die des Schweinfurtergrüns, Blei- und Kalziumarsenates fast stets organische Hilfs- und Farbstoffe enthalten, die die Analyse ohne deren Beseitigung stören können.

Die Ermittlung des Arsens in schwer angreifbaren organischen Mitteln ohne Destillation beschreiben Stollé und Fechtig.[2]) Eine Schnellmethode der Arsenbestimmung teilt Gibbon[3]) mit.

Für Pflanzenschutzmittel mit kleinem Arsengehalt geben Terényi und Paskuj[4]) eine Mikroarsenbestimmungsmethode an.

Selten unmittelbar für die Analyse von Pflanzenschutzmitteln, oft dagegen im Zusammenhang mit Fragen des chemischen Pflanzenschutzes ist der Nachweis und die Bestimmung sehr geringer Arsenmengen notwendig. Die hierfür geeigneten Verfahren lassen sich in drei Gruppen einteilen. Bei der einen wird As in fünfwertiger Form als Arsensäure, bei der anderen als $AsCl_3$, bei der dritten über AsH_3 abgetrennt und bestimmt.

Die klassische Methode von Marsh-Liebig der thermischen Zersetzung von AsH_3 unter Abscheidung von Arsenspiegeln ist besonders durch Lockemann[5]) so vervollkommnet worden, daß sie im Bereich von 0,1—10 γ As als eine der zuverlässigsten Methoden gelten kann. Gangl und Sánchez[6]) umgehen die Unsicherheit im Abschätzen der As-Spiegel durch Auflösen des Spiegels in ClJ und Titration mit 0,001 n-KJ-Lösung.

Für Reihenbestimmungen ist die Marsh-Liebig-Methode zu umständlich. Hierfür eignet sich mehr das Gutzeit-Verfahren. Bei diesem werden die orangebraunen Färbungen, die AsH_3 auf $HgBr_2$-Papier erzeugt, schätzungsweise mit Eichfärbungen verglichen. Zu diesem Verfahren sind zahlreiche Ausführungsformen vorgeschlagen worden.[7]) Neuere Übersichten

---

[1]) Engelson, H., Ztschr. f. analyt. Chem. **61**, 1922, 432.

[2]) Stollé, R., und Fechtig, O., Ber. Dtsch. Pharm. Ges. **33**, 1923, 5—9; Chem. Ztrbl. 1923, II, 1137.

[3]) Gibbon, M. F. Analyst **58**, 1933, 469; Chem. Ztrbl. 1933, II, 2165.

[4]) Terényi, A., und Paskuj, J., Ztschr. f. analyt. Chem. **84**, 1931, 435.

[5]) Lockemann, G., Z. f. angew. Chem. **48**, 1935, 199—203, 240; **49**, 1936, 252.

[6]) Gangl, S. u. Sánchez, S. V., Ztschr. f. analyt. Chem. **98**, 1934, 81.

[7]) Vgl. u. a. Sanger, C. R., and Black, O. F., J. Soc. chem. Ind. **26**, 1907, 1115; Beck, K., u. Merres, E., Arb. Kais. Gesundh.-Amt **50**, 1917, 38; Methods of analysis of the Ass. of Off. agr. Chem. 3. Aufl. 1930, S. 306; Deckert, W., Ztschr. f. analyt. Chem. **88**, 1932, 7; The British Pharmacopoeia 1914, Ref. Z. anal. Ch. **58**, 1919, 568—76; Uhl, K., Angew. Chem. **50**, 1937, 164—65.

über die Entwicklung der Methode geben u. a. Mühlsteph[1]), Busquets[2]) und Crossley.[3]) Erfaßbar ist ein Bereich von etwa 0,1—30 γ As, doch muß man selbst im optimalen Bezirk (15—20 γ) und bei genauester Arbeitsweise mit 7 % mittlerer Abweichung vom Durchschnitt zweier Bestimmungen rechnen. Manche Autoren[4]) finden wesentlich größere Schwankungen und lehnen die Methode als quantitatives Verfahren überhaupt ab. Verwendung von $AuCl_3$ statt $HgBr_2$ steigert die Empfindlichkeit wesentlich, damit aber auch die Gefahr, Hg aus den Reagentien mit zu erfassen.

Von Versuchen zu mikrotitrimetrischen As-Bestimmungen auf der Basis AsH_3 seien genannt die Oxydation des AsH_3 mit $HgCl_2$ zu As_2O_5 und jodometrische Titration dieser Säure, ferner die Abscheidung von Ag aus $AgNO_3$ und Rücktitration des unverbrauchten $AgNO_3$ mit Rhodanid nach Filtration des Ag, dann die direkte Titration des aus $AgNO_3$ gebildeten As_2O_3 mit 0,002 n-Jodlösung[5]), endlich die Umsetzung mit $HgCl_2$, Umsetzung des gebildeten HgCl mit gepufferter 0,005 n-Jodlösung ($p_H = 7$) und Rücktitration mit 0,005 n-Thiosulfat.[6]) Solche Titrationsverfahren sind aber ebenfalls mit erheblichen Fehlern (z. T. $\pm$ 10 %) behaftet und meist nur bis etwa 15 γ, nach Allcroft und Green allerdings bis 1 γ brauchbar.

Bei manchen der vorstehend genannten Verfahren wird vor der AsH_3-Entwicklung eine Abtrennung des As als $AsCl_3$ durch Destillation vorgeschrieben. Eine direkte Titration des überdestillierten $AsCl_3$ nehmen Ramberg und Sjöström[7]) sowie Engleson[8]) in stark saurer Lösung mit $KBrO_3$-Lösung bei 30—40° (Indikator Methylorange) vor. Man kann so etwa 10—1000 γ mit einem Fehler von 2 γ bestimmen. Die Titration ist jedoch recht mühselig.

Für As-Mikrobestimmungen auf der Basis As_2O_5 eignet sich sehr gut das kolorimetrische Verfahren nach Zinzadze[9]) mit Molybdänblau-Reagens. Burkhard und Wullhorst[10]) schlagen statt der Abtrennung des As als As_2S_3 die Destillation des Trichlorids vor. Sie oxydieren zu Arsensäure und messen die Mo-Blau-Färbungen im Absolutkolorimeter. Im Bereich 100—800 γ wird hohe Analysengenauigkeit erreicht. Gut meßbar ist aber auch noch der Bereich von 10—100 γ As.

Über den Nachweis und die Bestimmung des Arsens in gebeiztem Getreide vgl. die Angaben von Kühl und Czyzewsky[11]), in Holz Rütgerswerke[12]), in Wein Berg und Schmechel[13]), v. d. Heide und Hennig[14]), Schluty[15]), Burkhard und Wullhorst[16]) Lachele[17]), in Bodenerzeugnissen Deemer und Schricker (offizielle Methode in USA)[18]), in Tabakrauch Groß und Nelson[19]), in Spritzrückständen auf Früchten, Lendrich und Mayer[20]), und Schmechel.[21])

[1]) Mühlsteph, W., Z. anal. Chem. **104**, 1936, 333—44.
[2]) Busquets, C., An. Soc. españ. Fisica Quim. **34**, 1936, 557—79; Chem. Ztrbl. 1936, II. 1978.
[3]) Crossley, J. Soc. chem. Ind. 55. Trans., 1936, 272—76.
[4]) Z. B. Green, H. H., Report of the Dir. of Vet. Res., U. of South Afr. 1918, 539—50 (1919).
[5]) Allcroft u. Green, Biochem. J. **29**, 1935, 824—33.
[6]) Winterfeld, K., Dörle, E., u. Rauch, C., Arch. Pharm., 1935, 457—467.
[7]) Ramberg, L., Z. physiol. Chem. **114**, 1921, 262.
[8]) Engleson, H., Z. physiol. Chem. **111**, 1920, 201.
[9]) Zinzadze, S. R., Ztschr. f. Pflanzenernähr., Bodenkunde, Düngung A **16**, 1930, 129.
[10]) Burkhard, J., u. Wullhorst, B., Ztschr. f. Unters. Lebensm. **70**, 1925, 308—15.
[11]) Kühl, H., u. Czyzewsky, B., Z. ges. Getreide- u. Mühlenwes. **20**, 1933, 68; Chem. Ztrbl. 1933, I, 3812.
[12]) Chem. Ztg. **56**, 1932, 731.
[13]) Berg, P., u. Schmechel, S. Chem. Ztg. **57**, 1933, 262.
[14]) v. d. Heide, C., u. Hennig, K., Ztschr. f. Unters. Lebensmittel **66**, 341.
[15]) Schluty, Chim. et. Ind. 31, Sond.-Nr. 4, 1934, 244—246; Chem. Ztrbl. 1934, II, 2762.
[16]) Burkhard, J., u. Wullhorst, B., Ind. Eng. Chem. Anal. Ed. **6**, 1934, 256; Chem. Ztrbl. 1934, II, 2557.
[17]) Lachele, Ztschr. f. Unters. Lebensm. **70**, 1935, 308.
[18]) Deemer, R. B., u. Schricker, J. A., J. Ass. off. agric. Chemists **16**, 1933, 226.
[19]) Groß, C. R., u. Nelson, O. A., Am. J. publ. Health Nations Health **24**, 1934, 36; Chem. Ztrbl. 1934, II, 679.
[20]) Lendrich, K., u. Mayer, F., Ztschr. f. Unters. Lebensmittel **54**, 1927, 146.
[21]) Schmechel, S., Angew. Chem. **48**, 1935, 434.

Besondere Methoden

A. Schweinfurtergrün

Feuchtigkeit.

Man trocknet etwa 2 g bei 105—110° bis zum konstanten Gewicht und stellt den Gewichtsverlust fest.

Gesamtarsen.

wird nach der auf S. 589 oben angegebenen Methode bestimmt.

Arsenige Säure und Arsensäure.

Während bei der Bestimmung des Gesamtarsens im Schweinfurtergrün vorhandene geringe Mengen Arsenat mit erfaßt werden, bleiben diese bei den folgenden Methoden unberücksichtigt. Die Differenz zwischen Gesamtarsen und dem wie folgt ermittelten dreiwertigen Arsen ergibt also die vorhandene Menge fünfwertiges Arsen.

1.[1]) 1,5 g Substanz werden in einem 250-ccm-Meßkolben in 100 ccm verdünnter Salzsäure (1 HCl 1,19 + 4 H_2O) nicht über 90° (wegen sonstiger Verflüchtigungen von $AsCl_3$) bis zur vollständigen Lösung erhitzt. Von der abgekühlten, auf 250 ccm aufgefüllten Lösung werden 50 ccm nach Zugabe von 10 ccm Salzsäure (spez. Gew. 1,19) auf 90° erhitzt und mit n/20 Natriumbromatlösung titriert.

2.[2]) 0,3 g Substanz werden mit 10—15 ccm verdünnter Schwefelsäure (1 H_2SO_4 + 4 H_2O) und etwa 100 ccm Wasser bis zur vollständigen Lösung erhitzt. Nach dem Abkühlen versetzt man mit Natriumbikarbonat im Überschuß von 4—5 g, fügt Ammoniumchloridlösung bis zur Auflösung des gefällten Kupfers hinzu und titriert nach weiterem Verdünnen der Flüssigkeit mit n/20 Jodlösung (Indikator Stärkelösung). Daneben wird ein blinder Versuch mit der dem Kupfer des angewandten Schweinfurtergrüns entsprechenden Menge Kupfersulfat bei Benutzung gleicher Flüssigkeitsmengen ausgeführt und die dabei verbrauchte Menge Jod von dem bei dem Hauptversuch festgestellten Jod abgezogen. Eisen-, dreiwertige Antimon- und andere Kupfersalze dürfen nicht zugegen sein.

3. Amtliche holländische Methode. 1 g Substanz wird in 50—100 ccm n/2 Salzsäure bei gelinder Wärme gelöst. Die mit kalt gesättigter Natriumazetatlösung versetzte Flüssigkeit hält man $\frac{1}{2}$ Stunde im Kochen, gibt darauf 3 %ige Seignettesalzlösung (15 g + 450 ccm H_2O) und Natriumbikarbonatpulver im Überschuß hinzu, füllt auf 500 ccm auf und filtriert. 20 ccm Filtrat werden nach Zugabe von 3 ccm Jodzinkstärkelösung (D. A. B. **6**, 765), etwas Seignettesalzlösung und 250 ccm Wasser mit n/50 Jodlösung titriert. 1 ccm n/50 Jodlösung = 2,474 % As_2O_3.

4. Zur Bestimmung des As^{III} in Schweinfurtergrünen und ähnlichen Pflanzenschutzmitteln löst Fester[3]) die Probe unter Erwärmen in HCl, verdünnt ohne Filtration stark mit Wasser und fügt $(NH_4)_2CO_3$-Lösung bis zur Wiederauflösung des anfangs entstehenden Cu-haltigen Niederschlages hinzu. Darauf titriert er mit n/10 Jod, bis die blaue Färbung der Lösung in Grün übergeht.

Schweinfurtergrün kann nach Köszegi und Gerö[4]) auf Cu und As bequem und schnell untersucht werden, indem man die Substanz mit überschüssiger Kalilauge kocht, wobei As als Alkaliarsenit oder Meta-arsenit in Lösung geht. Cu^{II} wird durch Arsenit zu Cu^{I} reduziert und fällt als Cu_2O aus. Im Filtrat finden sich Arsenit und die dem Cu äquivalente Menge Arsenat. Man titriert Cu_2O vermittels gestellter $Fe_2(SO_4)_3$- und $KMnO_4$-Lösungen und As^{III} jodometrisch und berechnet daraus die Gesamt-As-Menge.

Wasserlösliche arsenige Säure (Hydrolysenwert).

1. Abgeänderte amtliche amerikanische Methode. 1 g der Probe wird in 1 l frisch ausgekochtem, auf 32° C abgekühltem destilliertem Wasser verteilt. Als Gefäß hierfür dient ein Schottscher 2-l-Erlenmeyerkolben, dessen Größenverhältnis der von der Prüfungskommission der Fachgruppe für chemisches Apparatewesen aufgestellten Norm entspricht: ganze Höhe

---

[1]) J. Assoc. Official Agr. Chemists **5**, 1921, 34.

[2]) J. Ind. Eng. Chem. J., 1909, 208; I. Assoc. Official Agr. Chemists. **3**, 1917, 158.

[3]) Fester, G., Ztschr. f. angew. Chem. **42**, 1929, 1040.

[4]) Köszegi D., u. Gerő, St., Chem. Ztg. **51**, 1927, 303.

280 mm, größter Durchmesser 155 mm, Halslänge 50 mm, äußerer Halsdurchmesser 40 mm.[1]) Die Suspension wird unmittelbar nach der Herstellung bei geschlossenem Kolben 2 Min. lang geschüttelt und 24 Stunden in einem Thermostaten bei 32° C stehengelassen. In den ersten 8 Stunden wird achtmal je $\frac{1}{2}$ Min. lang in Abständen von je 1 Stunde und nach 24 Stunden nochmals $\frac{1}{2}$ Min. geschüttelt. Unmittelbar darauf wird filtriert und in 200 ccm des vollständig klaren Filtrates nach Zugabe von 4—5 g Natriumbikarbonat und etwas Stärkelösung der Gehalt an arseniger Säure durch Titration mit n/20 Jodlösung bestimmt. Mit den gleichen Reagenzien ist bei gleichen Flüssigkeitsmengen ein blinder Versuch anzustellen und die dabei verbrauchte Jodlösung von dem ersten Titrationswert abzuziehen. 1 ccm n/20 Jodlösung entspricht 0,002474 g As_2O_3. Wegen der Möglichkeit der Störung der Titration durch organische Beistoffe des Schweinfurtergrünes ist es sicherer, 200 ccm Filtrat zunächst mit 10 ccm H_2SO_4 und 20 ccm HNO_3 (spez. Gew. 1,52) zu versetzen, einzudampfen und weiter, wie S. 589 oben beschrieben, zu verfahren.[2]) Abänderungen der Arbeitsweise schlagen Hengl und Reckendorfer vor.[3]) Bei Ausführung des Verfahrens bei gewöhnlicher Temperatur erhält man etwa ein Viertel bis ein Drittel niedrigere Werte.

2. Amtliche holländische Methode. In sechs gut ausgedämpften und getrockneten Stöpselflaschen werden je 1 g Substanz und je 100 ccm kohlensäurefreies destilliertes Wasser von 45° gegeben, die mit etwas Paraffin und Gummikappen abgedichteten Flaschen rotiert man in einem um seine Längsachse beweglichen, zylindrischen Thermostaten bei ungefähr 30 bis 40 Umdrehungen in der Minute unter Wasser von 45°. Je zwei Flaschen werden nach 2, 6, 10 Stunden herausgenommen und je 50 ccm Filtrat nach Zugabe von Seignettesalzlösung (3%ig), Bikarbonat und Jodzinkstärkelösung mit n/50 Jodlösung titriert. 1 ccm n/50 Jodlösung = 0,1979% As_2O_3. Es sollen in Lösung gehen nach 2 Stunden höchstens 0,8% As_2O_3, nach 6 Stunden 1,3% As_2O_3, nach 10 Stunden 1,8% As_2O_3.

3. Nach einer einfacheren amtlichen holländischen Methode wird eine Suspension von 5 g Substanz in 500 ccm kohlensäurefreiem, destilliertem Wasser 1 Stunde bei 27,5° rotiert. 100 ccm des Filtrates titriert man nach 2.

4. Die stufenweise Hydrolyse und damit die „Dauerhydrolysierbarkeit" des Schweinfurtergrüns läßt sich mit einem von Reckendorfer[4]) angegebenen Hydrolysierapparat bestimmen, der die manuelle Beihilfe des Schüttelns vollkommen ausschaltet. Von acht nach dieser und der Hilgendorffschen Methode (1) untersuchten Mustern ergab nur eines wesentliche Abweichung zwischen beiden Methoden. Einige Versuche wurden bis auf 16 Versuchsintervalle mit 384 Stundensummen ausgedehnt.

Während die vorstehenden Verfahren anfänglich vorhandene und durch Hydrolyse entstandene arsenige Säure angeben, läßt sich die erste als sog. *Natriumazetatlösliche arsenige Säure* bestimmen.[5]) Eine Aufschwemmung von 1 g Substanz in 25 ccm Natriumazetatlösung (50% $CH_3COONa + 3\,H_2O$ enthaltend) wird 5 Min. in einem 100-ccm-Meßkolben im Kochen gehalten und nach Verdünnen bis zur Marke durch ein trockenes Filter gegossen. Einen Teil des Filtrates titriert man nach dem Versetzen mit Natriumbikarbonat im Überschuß von etwa 4—5 g wie üblich mit n/20 Jodlösung. Brémond[6]) verwendet hierbei 1,25%ige Natriumazetatlösung. Weiteres siehe Avery und Beans, sowie Haywood.[7])

Kupfer.

1. Titrimetrisch: 0,5 g Schweinfurtergrün werden im 300-ccm-Erlenmeyerkolben mit etwa 25 ccm H_2O und 5 ccm Eisessig versetzt. Zur Oxydation der vorhandenen As_2O_3 wird so viel Bromwasser hinzugefügt, daß die Lösung deutlich gelbbraun ist. Man erwärmt, wobei sich

[1]) Fester, G., Ztschr. f. angew. Chem. **35**, 1922, 151.

[2]) Hilgendorff, G., Ztschr. f. angew. Chem. **43**, 1930, 648.

[3]) Hengl F., u. Reckendorfer, P., Fortschritte der Landwirtschaft Wien, 1927, II, 686.

[4]) Reckendorfer, P., Gartenbauwiss. **5**, 1931, 91—106.

[5]) J. Am. Chem. Soc. **23**, 1900, 115.

[6]) Brémond, H. M. L. Bull. Soc. Pharmac. Bordeaux **66**, 1928, 226; Chem. Ztrbl. 1929, I, 2085.

[7]) Haywood, J. K., J. Am. Chem. Soc. **23**, 1901, 485 u. **25**, 1903, 963, 1096; Chem. Ztrbl. 1901, II, 659; 1903, II, 1256 u. 1473.

alles Grün glatt löst. Nach Verkochen des Broms wird nach Abkühlen die Lösung mit 15 ccm 20%iger Kaliumjodidlösung versetzt, auf 100 ccm verdünnt und sofort mit n/10 Thiosulfatlösung das ausgeschiedene Jod titriert, bis die Lösung nur noch gelblich ist. Nach Zusatz von Stärke wird dann bis zum Umschlag in hellgelb titriert. Eine allmählich wieder eintretende Bläuung wird nicht berücksichtigt. 1 ccm n/10 Thiosulfatlösung entspricht 0,007945 g CuO.

Solotuchin[1]) schlägt zur Schnellbestimmung die Übersättigung des Schweinfurtergrün mit NH_3 und Titration des Ammoniakates mit KCN vor.

2. Gewichtsanalytisch: Eine in der Wärme bereitete Lösung von 0,5 g Schweinfurtergrün in 10 ccm 10%iger Salzsäure wird auf etwa 150 ccm verdünnt und nach der Rhodanmethode (siehe Cu) weiter behandelt.

Essigsäure.

5 g Schweinfurtergrün werden in einem 200-ccm-Destillationskolben mit 40 ccm H_2O und 10 ccm konzentrierter Schwefelsäure gekocht und das Volumen durch dauerndes Zutropfenlassen von Wasser auf 40 ccm gehalten. Um ein Überreißen von Schwefelsäure zu vermeiden, ist das aus dem Kolben abgehende etwa 7 mm weite Rohr zuerst im Winkel von 135° aufwärts gebogen, um dann durch weitere Biegung in dem schräg abwärts liegenden Liebig-Kühler zu enden. Im Laufe von 1 Stunde werden etwa 200 ccm abdestilliert, die dann mit n/2 KOH und Phenolphthalein titriert werden. 1 ccm n/2 KOH entspricht 0,03 g Essigsäure.

Feinheitsgrad.

Für die Beurteilung des Schweinfurtergrüns für den Pflanzenschutz ist neben der chemischen Prüfung die Untersuchung der physikalischen Beschaffenheit insbesondere des Feinheitsgrades der Präparate notwendig. Als geeignete Apparate zur Ermittlung des Feinheitsgrades bzw. der Schwebefähigkeit des Schweinfurtergrüns sind von Hollrung das Mikroskop und das Sulfurimeter, von Trappmann[2]) der Zweischenkelflockungsmesser, von Mach und Lederle ein für Schwefelprüfung konstruierter Feinkörnigkeitsmesser[3]), von Hilgendorff[4]) ein Schüttgewichtsbestimmungsapparat, das sog. normale 4600-Maschensieb und der mit dem Sulfurimeter zu bestimmende Zeitwert, weiter von Hengl und Reckendorfer[5]) der Revolversedimentierapparat vorgeschlagen worden. Das Hengl- und Reckendorfersche Gerät und auch das von Mach und Lederle gestatten die Zerlegung der Proben in Gruppen verschiedener Feinkörnigkeit.

Über die Bestimmung des Feinheitsgrades von Schweinfurtergrün siehe auch Deshusses[6]).

Die Arbeitsweise mit dem Sulfurimeter gleicht der beim Schwefel angegebenen und ist dort (Kap. Schwefel und Sulfide S. 597) beschrieben.

Die übrigen Verfahren zur Bestimmung des Feinheitsgrades finden sich im Kap.: Die physikalischen Eigenschaften der Pflanzenschutzmittel S. 565—567.

B. Bleiarsenat

Feuchtigkeit.

a) Pulver: Siehe S. 591 Schweinfurtergrün.

b) Paste: 50 g werden vorgetrocknet und darauf bei 105—107° bis zum konstanten Gewicht getrocknet. Man pulverisiert die Substanz, trocknet davon eine kleine Menge 1—2 Stunden bei 105—107° und stellt den endgültigen Gewichtsverlust fest. Das trockene Material wird auch zur Bestimmung des Arsens und des Bleioxyds benutzt.

---

[1]) Solotuchin, W. K., Betriebs-Lab. **4**, 1935, 111 (russ.); Chem. Ztrbl. 1936, I 2981.

[2]) Trappmann, W., Nachrichtenbl. f. d. D. P. D. **5**, 1925, 66.

[3]) König, J., Untersuchung landw.-gewerbl. wichtiger Stoffe. 5. Aufl. II, Berlin, 1926, S. 880.

[4]) Hilgendorff, G., Nachrichtenbl. f. d. D. P. D. **7**, 1927, 5; **10**, 1930, 28.

[5]) Hengl, F., u. Reckendorfer, P., Fortschritte der Landwirtschaft **2**, 1927, 686.

[6]) Deshusses, L. A., Mittl. a. d. Geb. d. Lebensm.-Unters. u. d. Hygiene **19**, 1928, 360—366.

Gesamtarsengehalt.

1. Nach der Methode S. 589 oben bestimmbar.

2. Nach einer amtlichen amerikanischen Methode wird 1 g Substanz mit Salpetersäure und Schwefelsäure behandelt, wozu man sich zweckmäßig des Verfahrens S. 589 oben unter Anwendung von Ammoniumoxalat bedient. Die auf 200 ccm gebrachte Lösung filtriert man, nimmt 100 ccm des Filtrates, dampft nach Zugabe von 1 g KJ über dem Drahtnetz auf etwa 40 ccm ein, verdünnt nach dem Abkühlen auf ungefähr 200 ccm, versetzt tropfenweise mit 1,3 %iger $Na_2S_2O_3 \cdot 5\,H_2O$-Lösung bis zum genauen Verschwinden der Gelbfärbung ohne Benutzung von Stärkelösung, neutralisiert mit $NaHCO_3$, fügt 4—5 g davon im Überschuß hinzu, titriert mit 0,05 n-Jodlösung bis fast zum Verschwinden der Gelbfärbung und nach Zugabe von 5 ccm 1 %iger Stärkelösung zu Ende. Der Verbrauch von 0,05 n-Jodlösung bei einem blinden Versuch wird von den gefundenen Kubikzentimetern abgezogen.

3. Amtliche holländische Methode. Eine in der Hitze bereitete Auflösung von 2 g Bleiarsenat in 60 ccm Salpetersäure (1 : 3) wird nach dem Abkühlen auf 500 ccm mit Wasser aufgefüllt und filtriert. 50 ccm des Filtrates werden nach Zugabe von 15 ccm H_2SO_4 (spez. Gew. 1,84) in einer Porzellanschale 10 Stunden lang auf dem Wasserbad erhitzt, nach Abkühlung mit 90 ccm H_2O versetzt und darauf unter schnellem Rühren 6,2 ccm Jodkaliumlösung (1 : 1) hinzugefügt. Nach 15 Min. langem Stehen wird schnell mit 750 ccm Wasser verdünnt und Thiosulfatlösung bis zum Verschwinden der braunen Farbe zugegeben. Darauf gibt man 9 ccm Jodzinkstärkelösung hinzu und versetzt weiter langsam mit Thiosulfatlösung bis zur Farblosigkeit. Nach Zugabe von 50 ccm Kaliumkarbonatlösung (740 g ad 1000) und weiter von festem Natriumbikarbonat im Überschuß (bis die CO_2-Entwicklung aufgehört hat) wird mit n/50 Jodlösung titriert. 1 ccm n/50 Jodlösung = 0,5759 % As_2O_5. Arsenite sind als $AsAs_2O_5$ von dem gefundenen Wert abzuziehen.

Arsenige Säure.

1. Nach einer amtlichen amerikanischen Methode[1]) werden 2 g pulverisierte Substanz in einem 200-ccm-Meßkolben mit 100 ccm verdünnter Schwefelsäure (1 : 6) versetzt. Die Flüssigkeit wird 30 Min. gekocht, abgekühlt und nach Auffüllung auf 200 ccm und Umschütteln filtriert. 100 ccm davon neutralisiert man mit Natriumhydroxyd (Indikator Phenolphthalein), versetzt wieder mit einigen Tropfen verdünnter Schwefelsäure bis zur deutlich sauren Reaktion, gibt Natriumbikarbonat im Überschuß von etwa 5 g hinzu und titriert mit n/20 Jodlösung. 1 ccm = 0,0025 g As_2O_3.

2. Nach einer amtlichen holländischen Methode wird 1 g Substanz mit 50—100 ccm n/2 Salzsäure langsam erwärmt. Dabei werden 100 ccm 30 %ige Natriumazetatlösung hinzugegeben. Nach etwa ½stündigem Kochen und darauf folgendem Abkühlen füllt man auf 500 ccm auf und titriert 20 ccm vollständig klares Filtrat nach Zugabe von etwas Seignettesalzlösung, Natriumbikarbonat, 3 ccm Jodzinkstärkelösung sowie etwa 250 ccm destilliertem Wasser mit n/50 Jodlösung. 1 ccm davon = 2,474 % As_2O_3.

Wasserlösliche Arsensäure (einschließlich wasserlöslicher arseniger Säure).

1. Sie läßt sich durch einstündiges Schütteln einer Suspension von 4 g Bleiarsenat oder 8 g Paste in 400 ccm ausgekochtem destilliertem Wasser, Eindampfen von 200 ccm mit 20 ccm HNO_3 (spez. Gew. 1,52) und 10 ccm H_2SO_4 versetzten Filtrates in schräg gestelltem Kolben über freier Flamme bis zum fast vollständigen Verjagen des Wassers, Zugabe von weiteren 20 ccm HNO_3, Erhitzen bis zum Auftreten weißer Schwefelsäuredämpfe und weitere Verarbeitung nach S. 589 oben und 592 ermitteln. Das Gesamtfiltrat soll höchstens 0,5 % As_2O_5, bezogen auf Bleiarsenat, enthalten.

2. Nach einer amtlichen amerikanischen Methode werden 2 g Pulver oder 4 g Paste zunächst genau wie Schweinfurtergrün (S. 591—592) behandelt. Von dem nach 24stündiger Behandlung erhaltenen klaren Filtrat versetzt man 250—500 ccm im Erlenmeyerkolben mit 3 ccm konzentrierter H_2SO_4, dampft auf dem Drahtnetz auf etwa 100 ccm und nach Zugabe von 1 g KJ weiter auf etwa 40 ccm ein und verfährt weiter nach der Angabe 2: Gesamtarsengehalt.

---

[1]) J. Assoc. Offic. Agr. Chem. **3**, 1920, 332.

3. Holländische Methode. Eine Aufschwemmung von 5 g Substanz in 500 ccm frisch ausgekochtem destilliertem Wasser wird 1 Stunde bei 27,5° geschüttelt (Schüttelmaschine). 20 ccm des vollständig klaren Filtrates versetzt man mit 2 ccm Jodkaliumlösung (enthaltend 2 g KJ) und 10 ccm 50%iger Schwefelsäure und läßt 15 Min. stehen. Zu der mit destilliertem Wasser auf etwa 250 ccm gebrachten Lösung gibt man 3 ccm Jodzinkstärkelösung und Seignettesalzlösung hinzu und darauf sofort n/50 Thiosulfatlösung bis zur Farblosigkeit. Nach Zugabe von 16 ccm Kaliumkarbonatlösung (740 g auf 1000 ccm Wasser) und Natriumbikarbonat im Überschuß wird mit n/50 Jodlösung titriert. 1 ccm davon = 0,5759% As_2O_5. Die etwa vorhandene *wasserlösliche arsenige Säure* wird besonders bestimmt, indem man 100 ccm des vorstehenden Filtrates nach Zugabe von Natriumbikarbonat im Überschuß, etwas Seignettesalzlösung (30 g auf 1 l H_2O) und 1,5 ccm Jodzinkstärkelösung mit n/50 Jodlösung titriert (1 ccm davon = 0,09896% As_2O_3) und den so gefundenen Wert als As_2O_5 von dem zuerst erhaltenen abzieht.

Eine schnelle Methode zur Bestimmung der wasserlöslichen Arsensäure in Bleiarsenat und Zinkarsenit beschreibt Roark[1]): Eine Suspension von 2 g Bleiarsenat oder 1 g Zinkarsenit in 100 ccm kaltem Wasser wird erhitzt und 5 Min. im Kochen gehalten. Die Flüssigkeit wird auf ein Volumen von einem Liter gebracht, gut durchgeschüttelt und filtriert. 250 ccm des klaren Filtrates verarbeitet man weiter nach 2.

Säuregrad.

Der Säuregrad wird nach amtlicher holländischer Vorschrift bestimmt, indem man 100 ccm des unter „wasserlösliche Arsensäure" Ziffer 2 erhaltenen Filtrates entsprechend 1 g Substanz mit n/10 Lauge titriert und den Wert in ccm n/1 Lauge für 100 g Bleiarsenat ausdrückt.

Bleioxyd.

0,5 g pulverisierte Substanz werden in einem 600-ccm-Becherglas mit etwa 25 ccm verdünnter Salpetersäure (1 : 4) erwärmt. Nach Filtration wird das auf etwa 400 ccm gebrachte Filtrat bis nahe zum Kochen erhitzt, mit Ammoniak bis zur Bildung eines Niederschlages und darauf wieder mit verdünnter Salpetersäure (1 : 9) im Überschuß von 1—2 ccm bis zum Verschwinden des Niederschlages versetzt. In die fast bis zum Kochen erhitzte Lösung läßt man unter beständigem Umrühren 50 ccm einer heißen 10%igen Kaliumchromatlösung fließen. Man dekantiert heiß durch einen bei 140—150° getrockneten Goochtiegel, wäscht verschiedene Male durch Dekantation und darauf auf dem Filter mit heißem Wasser, bis das Waschwasser farblos ist und trocknet das Bleichromat bei 140—150° bis zum konstanten Gewicht. Bleichromat · 0,6906 = Bleioxyd (PbO). Das gefällte Bleichromat kann Spuren von Bleiarsenat enthalten, die nicht über 0,1—0,2% hinausgehen. Über Titration des Bleichromats s. Classen A. Maßanalyse, Leipzig, 1912, S. 413.

Als Bleisulfat läßt sich das Blei nach dem bekannten Verfahren nur bei Abwesenheit von Kalk bestimmen.

Eine in USA. offizielle Reaktion zum Nachweis des Pb auf Früchten gibt Harris[2]) an. Eine andere Bestimmung kleinster Mengen Pb[3]), auch in Spritzrückständen, beruht auf der Fällung von PbS und der photoelektrischen Messung der Trübung. Berg u. Schmechel[4]) empfehlen die Bestimmung mit Dithizon. Verschiedene weitere Verfahren: Wichmann, Murray, Harris, Clifford, Loughrey und Voshes jr.[5]), Winkler[6]). Ein Ablöseverfahren beschreiben Lendrich und Mayer.[7])

---

[1]) Roark, R. C., J. Assoc. Off. Agr. Chem. **7**, 1924, 322—327.

[2]) Harris, M., J. Assoc. Off. Agric. Chem. **16**, 1933, 245.

[3]) Samuel, B. L., and Shockey, H. H., J. Off. Agric. Chem. **17**, 1934, 108, 141; Chem. Ztrbl. 1934, II, 98 u. 99.

[4]) Schmechel, S., Angew. Chem. **48**, 1935, 434; Berg, P., und Schmechel, S., Ztschr. f. Unters. Lebensm. **70**, 1935, 52.

[5]) Wichmann, H. J., Murray, C. W., Harris, M., Clifford, P. A., Loughrey, J. H., u. Voshes, F. A. jr., J. Ass. Off. Agric. Chem. **17**, 1934, 108—35; Chem. Ztrbl. 1934, II, 98.

[6]) Winkler, L. W., Ztschr. f. ang. Chemie **26**, 1913, 38.

[7]) Lendrich, K., und Mayer, Fr., Ztschr. f. Unters. Lebensmittel **54**, 1927, 146.

Feinheitsgrad, Schwebefähigkeit. (Siehe Angaben unter Schweinfurtergrün.)

Die Schwebefähigkeit läßt sich mit dem Sedimentationsmesser nach H. Grohn[1]) und dem Revolversedimentierapparat von Hengl-Reckendorfer bestimmen. Eine kurze technische Beurteilung ermöglicht folgendes Verfahren: 3 g Bleiarsenat oder 6 g Paste werden mit wenig destilliertem Wasser zu einer gleichmäßigen Flüssigkeit angerührt. Man füllt in einem 100-ccm-Meßzylinder (Höhe der Graduierung etwa 16 cm) bis zur Marke auf, schüttelt 3 Min. und beobachtet das Absetzen innerhalb 15 Min. Bei Präparaten mit befriedigender Schwebefähigkeit tritt in 5 Min. höchstens bis zur Hälfte der Flüssigkeit Klärung ein, und es beträgt die Höhe der unteren Schicht fester Bestandteile höchstens 1,5 ccm.

Englische Vorschriften über die Untersuchung des Bleiarsenates siehe Specifications and Methods of analysis for certain insecticides and fungicides.[2])

C. Calciumarsenat

Feuchtigkeit. (Siehe S. 591 [Schweinfurtergrün].)

Gesamtarsengehalt. Nach dem Verfahren S. 589 oben bestimmbar.

Arsenige Säure. Eine Auflösung von 1 g in 100 ccm 10%iger HCl wird auf 90° erhitzt und mit n/20 Natriumbromatlösung titriert (s. S. 588 oben). Die Methode ist nur bei Abwesenheit von Nitraten anwendbar. Bei Gegenwart nur geringer Mengen Nitrate kann man bei Zimmertemperatur titrieren.[3])

Wasserlösliche Arsenverbindungen werden in USA. nach den Angaben unter Bleiarsenat (Ziffer 2) bestimmt. Über die wahre Wasserlöslichkeit eines Kalziumarsenates kann nur die Untersuchung einer vom anwesenden Kalk befreiten Probe Aufschluß geben, da sonst das sich lösende Arsenat durch den ebenfalls in Lösung gehenden Kalk immer wieder niedergeschlagen wird. Man kann wie folgt vorgehen: 0,5 g Substanz werden in einem 500 ccm-Erlenmeyerkolben mit 100 ccm destilliertem Wasser 3 Stunden unter dreimaligem Umschütteln stehen gelassen. Nach Zusatz von 3 Tropfen alkoholischer 1%iger Thymolphthaleinlösung (gegebenenfalls auch bei eintretenden Schwierigkeiten infolge Anwesenheit von Farben in dem Kalziumarsenat nach Zusatz von Phenolphthaleinlösung) wird mit frisch hergestellter 0,02 n-CO_2-Lösung bis zur Entfärbung titriert. Man verdünnt auf 250 ccm und läßt 24 Stunden stehen. In den ersten 5 Stunden wird fünfmal je $\frac{1}{2}$ Min. lang in Abständen von je 1 Stunde und nach 24 Stunden nochmals $\frac{1}{2}$ Min. lang geschüttelt. Unmittelbar darauf wird filtriert oder bei trübem Filtrat zentrifugiert. 200 ccm des klaren Filtrates werden nach Zugabe von 10 ccm H_2SO_4 und 20 ccm HNO_3 (spez. Gew. 1,52) in schräg gestelltem Rundkolben nach S. 589 oben und 592 weiter verarbeitet.[4])

Kalziumoxyd.

Eine Lösung von 2 g in 80 ccm 25%iger Essigsäure wird auf 200 ccm aufgefüllt. 50 ccm Filtrat verdünnt man auf etwa 200 ccm, erhitzt zum Sieden und fällt das Ca mit Ammoniumoxalatlösung. Nach dreistündigem Stehen auf dem Wasserbade wird filtriert und mit heißem Wasser gewaschen. Den Niederschlag löst man in 200 ccm 2,5%iger H_2SO_4, erwärmt auf etwa 70° und titriert mit n/10 $KMnO_4$-Lösung.[5])

Freies Kalziumhydroxyd.

Eine Suspension von 1 g feinkörnigem Kalziumarsenat in 50 ccm n/10 alkoholischer (93%) Benzoesäurelösung wird 10 Min. lang geschüttelt und der Überschuß an Säure mit n/10 alkoholischer Natronlauge unter lebhafter Bewegung zurücktitriert.[6])

---

[1]) Grohn, H., Die Chemische Fabrik **36**, 1932, 325.

[2]) Ministry of agriculture and fisheries Bull. **82**, 1934, London.

[3]) J. Assoc. Offic. Agr. Chem. **5**, 1922, 33, 392.

[4]) Vgl. Pearce, G. W., Norton, C. B., and Chapman, P. J., New York State agric. Exp. Stat. (Techn. Bull) **234**, 1935; Chem. Ztrbl. 1936, I, 4793.

[5]) J. Assoc. Offic. Agr. Chem. **5**, 1922, 33, 392.

[6]) Nach Smith, C. H., and Hendricks, S. B., Ind. Eng. Chem. **16**, 1924, 950.

Feinheitsgrad, Schwebefähigkeit siehe Bleiarsenat und physikalische Eigenschaften der Pflanzenschutzmittel. Die Schwebefähigkeit ist in dem Sedimentationsmesser nach Grohn[1]) meßbar, wobei man die Suspension zweckmäßig erst nach dreistündigem Stehen nach Übergang von etwa vorhandenem CaO in $Ca(OH)_2$ in den Apparat füllt.

Schwefel

Für die Untersuchung des im Weinbau zu verwendenden Schwefels kommt in erster Reihe die Bestimmung des Feinheitsgrades des Schwefels in Betracht. Dafür hat der Verband der landwirtschaftlichen Versuchsstationen i. D. R. folgende Richtlinien festgelegt.[2])

1. Die einzelnen Anteile einer Schwefellieferung zeigen erfahrungsgemäß auch bei Schwefeln einer Handelsqualität unter sich Verschiedenheiten, besonders im Feinheitsgrade. Für die Beurteilung der Durchschnittsqualität können daher nur Proben maßgebend sein, bei welchen die Abweichungen in den Einzelanteilen durch Mischung einer genügenden Anzahl kleiner Einzelproben aus den verschiedenen Teilen der Lieferung ausgeglichen werden. Die zur Prüfung einzusendende Menge soll mindestens 300 g betragen.

2. Bei der Bestimmung des Feinheitsgrades nach Chancel ist es notwendig, chemisch reinen, über Natrium destillierten Äther zu verwenden.

3. Auch wenn chemisch reiner Äther verwendet wird, kann eine Übereinstimmung der Ergebnisse nur erreicht werden, wenn Apparate von gleichmäßigen Dimensionen benutzt werden (zweckmäßig sind folgende, schon von Portele[3]) empfohlenen Dimensionen: Gehalt bis zur Marke 100 bei 17,5° [unterer Meniskus] 25 ccm, Länge des Rohres bis zum Teilstrich 100 : 175 mm, Länge des geraden Rohres vom Teilstrich 10—100 : 154 mm, innerer Durchmesser des Rohres 12,5 mm), wenn bei Ausführung der Bestimmungen nach dem Durchschütteln jede Erschütterung vermieden wird und wenn bei einer einheitlichen Temperatur, und zwar bei 17,5° gearbeitet wird.

4. Die Ausführung der Chancelschen Bestimmung des Feinheitsgrades ist genau nach folgender Vorschrift auszuführen:

Das zu untersuchende Schwefelpulver wird durch ein Sieb von 1 qmm Maschenweite durchgetrieben, um die Klümpchen, welche der Schwefel stets bei längerem Lagern bildet, zu verteilen. Von der nach dem Durchsieben gut gemischten Probe werden 5 g abgewogen. Der Schwefel wird zweckmäßig mit Hilfe eines Kartenblattes oder Pinsels in das Sulfurimeter gebracht, dann wird das Sulfurimeter mit Äther bis ungefähr zur Hälfte angefüllt und durch gelindes Klopfen die Luft aus dem Schwefelpulver entfernt. Ist das erreicht, so füllt man den Apparat bis etwa 1 cm über den Teilstrich 100 mit Äther an und schüttelt etwa 1 Min. sehr stark durch, um eine gleichmäßige Verteilung des Schwefels zu erreichen. Eine Ablesung erfolgt zunächst noch nicht. Nunmehr wird neuerdings genau 30 Sek. in senkrechter Richtung kräftig durchgeschüttelt, das Instrument dann mittels eines Stativs genau senkrecht eingespannt und in ein mit Wasser von 17,5° gefülltes Becherglas so eingesenkt, daß weder die Wandungen noch der Boden oder das eingesenkte Thermometer berührt werden. Der Schwefel senkt sich ziemlich rasch zu Boden. Wenn sich die Höhe der Schwefelschicht nicht mehr ändert und der darüber stehende Äther völlig klar erscheint, wird der Stand des Schwefels von der Skala abgelesen (halbe Teilstriche werden geschätzt). Die so abgelesene Zahl gibt damit die Grade Chancel an. Das Ergebnis der ersten Schüttelung ist meist zu hoch, die Schüttelung wird daher in der gleichen Weise, jedesmal 30 Sek. lang, noch viermal wiederholt. Das Mittel aus den vier letzten Ablesungen wird als dem Feinheitsgrad des Schwefelpulvers entsprechend angenommen.

Die ganze Operation ist nochmals mit einer neu abgewogenen Probe von genau 5 g in der beschriebenen Weise zu wiederholen und erst aus den Ergebnissen der doppelten Untersuchung das endgültige Mittel zu ziehen.

5. Bei der Bestimmung des Feinheitsgrades ist ein Analysenspielraum von 5° Chancel zu gewähren.

---

[1]) Grohn, H., Die Chem. Fabrik **36**, 1932, 325.
[2]) Landw. Versuchsstationen **68**, 1908, 80.
[3]) Portele, Weinlaube **24**, 376.

6. Wenn dem Abschluß des Verkaufs ein Angebot von Schwefel verschiedenen Feinheitsgrades zugrunde lag, geschieht die Minderwertsberechnung wie folgt: Die Differenz zwischen den Preisen von je 100 kg Schwefel von dem nächst höheren und dem nächst niedrigeren Feinheitsgrad ist zu dividieren durch die Differenz zwischen den Feinheitsgraden selbst, und so der Preis von 1° Chancel für 100 kg Schwefel festzustellen. Ist bei der Untersuchung ein über 5° Chancel geringerer Feinheitsgrad gefunden worden als garantiert ist, so wird der Minderwert für 100 kg Schwefel ermittelt, indem man die Zahl der fehlenden Grade mit dem, wie beschrieben, gefundenen Preis von 1° Chancel multipliziert. Im übrigen wird empfohlen, schon bei Abschluß der Schwefelkäufe in jedem Falle festzusetzen, welche Minderwertsentschädigung bei nicht genügendem Feinheitsgrade der gelieferten Ware zu zahlen ist.

Einwandfreie Bestimmungen des Feinheitsgrades ermöglichen nur mikroskopische Messungen.[1]) Mach und Lederle[2]) beschrieben ein Gerät für die Trennung des Schwefelpulvers in verschiedene Korngrößen.

Nach Lunge-Berl[3]) untersucht man den Schwefel auf Gehalt an gemahlenem bzw. sublimiertem Schwefel, indem man in einem Sulfurimeter 5 g Schwefel mit bis zur Marke reichendem Schwefelkohlenstoff 2—3 mal durchschüttelt und absitzen läßt. Der gemahlene Schwefel hinterläßt keinen, der sublimierte einen Rückstand von amorphem Schwefel, dessen Volumen 24—40°, im Mittel etwa 33° Chancel beträgt.

Zur direkten Ermittlung des reinen Schwefels in Schwefelproben kann man nach Bruno[4]) den freien Schwefel durch Kochen mit NaOH lösen, mit Bromwasser oxydieren und nach Ansäuern und Ausfällen mit $BaCl_2$ als $BaSO_4$ bestimmen. Rink und Kaempf[5]) verwenden dafür Reichert-Meißl-Lauge (75 g KOH in 100 ccm). Wolff[6]) oxydiert den Schwefel durch siebenstündiges Erhitzen eines Gemisches von 0,5 g S mit etwa 10 g eines Gemenges aus 10 Teilen Kaliumnitrat und 25 Teilen kalzinierter Soda zunächst mit kleiner, später mit voller Flamme in einem Porzellantiegel und fällt nach dem Ansäuern mit Salzsäure mit Bariumchlorid.

Der Schwefel in Schwefelproben läßt sich auch gut nach der Methode von Järvinen (s. Schwefelkalkbrühe S. 602), bestimmen, wobei man von 0,1—0,15 g Schwefel ausgeht. Man findet 98—99,6% der angewandten Menge.

Die Asche des Schwefels bestimmt man durch Verbrennen von etwa 10 g Schwefel im Porzellan- oder Platintiegel und Wägen des Rückstandes. Bei Gegenwart von Kohle muß man unmittelbar nach dem Entfernen des Schwefels mit dem Erhitzen des Rückstandes aufhören.

Die Bestimmung des Schwefels in Pflanzenschutzmitteln mit organischen Verbindungen ist nach einem Verfahren von Warunis[7]) wie folgt möglich: In einem geräumigen Silber- oder Nickeltiegel werden 0,2—0,4 g gepulverte Substanz mit einer Mischung von 10 g feinem gepulvertem schwefelsäurefreiem Kaliumhydroxyd und 5 g Natriumsuperoxyd mit einem Silber- oder Nickeldraht gut gemischt. Die Mischung wird im Trockenschrank auf etwa 75—85° erwärmt. Nach dem Zusammensintern der Mischung nach etwa einer Viertelstunde wird bei bedecktem Tiegel mit kleiner Flamme weiter erhitzt, bis die Schmelze dünnflüssig geworden ist. Dabei erfolgt zuweilen eine stürmische Reaktion. Nach kurzem Erhitzen läßt man die Schmelze erkalten. Sie wird in Wasser gelöst, mit bromhaltiger Salzsäure angesäuert, aufgekocht, gegebenenfalls filtriert, und die gebildete Schwefelsäure in bekannter Weise als Bariumsulfat bestimmt.

---

[1]) Kroemer, K., Ber. über die Tätigkeit der Pflanzenphysiologisch. Vers.-St. Geisenheim 1916/17, 94.

[2]) König, J., Unters. landw. u. landw.-gewerbl. wichtiger Stoffe, 1926, II, 881.

[3]) Lunge-Berl, Chem.-techn. Untersuch.-Meth., 7. Aufl. 1921, I, 688.

[4]) Bruno, A., Ztschr. f. angew. Chem. **23**, 1910, 1911.

[5]) Rink, A., u. Kaempf, E., Gas- und Wasserfach **72**, 1929, 1269; Chem. Ztrbl. 1930, I, 1253.

[6]) Wolff, E., Ztschr. f. angew. Chem. **31**, 1918, 128.

[7]) Warunis, T. St., Chem. Ztg. **34**, 1910, 12, 85.

Nach E. und M. Kahane[1]) läßt sich die Zerstörung der organischen Substanz binnen 10 Min. auch durch eine Mischung von 2 Teilen $HClO_4$(D = 1,61) und 1 Teil HNO_3(D = 1,39) erreichen.

Über titrimetrische Bestimmung freien Schwefels nach Überführung in KCNS vgl. Castiglioni.[2])

Gasreinigungsmasse, Präschwefel.

Wertbestimmend ist der Gehalt an elementarem Schwefel, den man durch Ausziehen von 5—15 g lufttrockener Masse mit rückstandfreiem Schwefelkohlenstoff im Soxhlet unter Vermeidung direkter Sonnenbestrahlung auszieht. 20 Auszüge sollen genügen. Der Schwefelkohlenstoffauszug wird zur Entfernung teeriger Bestandteile mit etwas Pottasche und 1 g Blutkohle versetzt, öfter umgeschüttelt und nach 24 stündigem Stehen filtriert. Das Filtrat hinterläßt nach dem Verjagen des Schwefelkohlenstoffs technisch reinen Schwefel.[3]) Colman und Yeoman[4]) behandeln den CS_2-Auszug zur Entfernung teeriger Stoffe mit konzentrierter H_2SO_4 und darauf mit Wasser. Willenz[5]) zieht 1—2 g Substanz mit Schwefelkohlenstoff aus, oxydiert den nach dem Verjagen der CS_2 erhaltenen Schwefel im gleichen Kolben mit 25 ccm HCl (spez. Gew. 1,19) und etwas Kaliumchlorat zu Schwefelsäure und fällt nach dem Verdünnen als $BaSO_4$. Siehe auch die vorherigen Verfahren zur Oxydation des Schwefels. Pfeiffer[6]) verbrennt 1 g der Probe mit 0,5 g Staubzucker gemischt in einem mit Nickeldraht am Stöpsel befestigten Asbestnäpfchen in einer mit Sauerstoff gefüllten und mit 50 ccm n-Lauge beschickten 5-l-Flasche und titriert nach Oxydation der SO_2 mit 1 ccm Perhydrol-Merck zu H_2SO_4 den Laugenüberschuß mit n-Säure und Dimethylamidoazobenzol; 1 ccm n-Lauge = 1,6 % S. Dabei wird vermutlich auch der Schwefel der Sulfide erfaßt. Über die Bestimmung von Cyan-, Rhodanverbindungen, Sulfiden, Ammoniak im Präschwefel s. Lunge-Berl.[7])

Schwefelkalkbrühe, Na-, K-, NH_4-, Ba-Polysulfide

Für die Wertbestimmung der Schwefelkalkbrühe ist ihr Gehalt an *Polysulfidschwefel* maßgebend. Die daneben vorhandenen Thiosulfat-, Monosulfid- und Sulfatschwefel sind unwesentlich. Die Mengenverhältnisse in nachstehenden Methoden gelten im allgemeinen für Brühen vom spezifischen Gewicht von etwa 1,16 (20° Baumé). Von konzentrierteren Brühen wird entsprechend weniger genommen. Ferner ist zu berücksichtigen, daß bei der Probenahme der Stammlösungen der Einfluß des Sauerstoffs, der Schwefelpolysulfidverbindungen zersetzt, möglichst auszuschalten ist, z. B. ist zur Verdünnung der Lösungen stets frisch ausgekochtes, abgekühltes Wasser zu verwenden. Beim Einlaufenlassen der Stammlösungen in andere Flüssigkeiten muß die Pipettenspitze entweder unterhalb der Flüssigkeitsoberfläche oder unmittelbar darüber gehalten werden. Schwefelkalkbrühen, auch verdünnte Lösungen, müssen stets in vollständig gefüllten, mit Paraffin abgedichteten Flaschen an kühler, dunkler Stelle aufbewahrt werden.

Ein zuverlässiges Verfahren beschreibt Bodnár.[8]) Es stützt sich auf die Einwirkung von Silbernitrat auf die Bestandteile der Schwefelkalkbrühe im Sinne folgender Gleichungen:

1. $CaS_4 + 2\,AgNO_3 = Ag_2S + S_3 + Ca(NO_3)_2$.
2. $CaS_5 + 2\,AgNO_3 = Ag_2S + S_4 + Ca(NO_3)_2$.
3. $CaS_2O_3 + 2\,AgNO_3 = Ca(NO_3)_2 + Ag_2S_2O_3$.
4. $Ag_2S_2O_3 + H_2O = Ag_2S + H_2SO_4$.

---

[1]) Kahane, E. u. M., Comptes rendus Acad. Sci. **198**, 1934, 372; Chem. Ztrbl. 1934, II, 478.

[2]) Castiglioni, A., Ztschr. f. analyt. Chem. **91**, 1932, 32; Chem. Ztrbl. 1933, I, 1170.

[3]) Pfeiffer, O., s. Lunge-Berl, Chem.-techn. Unters. Meth., 7. Aufl. 1923, III, 143.

[4]) Colman, H. G., u. Yeoman, E. W., Journal f. Gasbel. **62**, 1919, 248.

[5]) Willenz, M., Chem. Ztrbl. 1897, I, 334.

[6]) Pfeiffer, O., Journal f. Gasbel. **48**, 1905, 277; s. Lunge-Berl, a. a. O.

[7]) Lunge-Berl, Chem.-techn. Untersuch. Meth., 7. Aufl., 1923, III, 144—155; König, J., Untersuchung landw. u. landw.-gewerbl. wichtiger Stoffe 1926, II, 856.

[8]) Bodnár, J., Chem. Ztg. **39**, 1915, 715, 833.

Von der zu untersuchenden Brühe stellt man eine 10-Vol.-%ige Lösung her und läßt unmittelbar darauf 10 ccm davon zu 50 ccm n/10 Silbernitratlösung in einen 100-ccm-Meßkolben unter lebhaftem Schütteln fließen. Der entstehende Niederschlag ballt sich zusammen, während sich die darüber stehende Flüssigkeit klärt. Die Flüssigkeit wird nach dem Verdünnen auf 100 ccm und Umschütteln durch einen Goochtiegel zunächst in einen trockenen Saugkolben filtriert. Das unverdünnte Filtrat wird beiseite gestellt und danach der Niederschlag mit warmem Wasser vollständig in den Tiegel gebracht, mehrmals mit warmem Wasser gewaschen und $1\frac{1}{2}$ Stunde lang bei 100° getrocknet.

Zur Bestimmung der Schwefelsäure und des überschüssigen Silbernitrates in dem ersten unverdünnten Filtrat werden 50 ccm davon mit 20—30 ccm n/10 Chlornatriumlösung und 10—15 ccm n/10 Natronlauge versetzt und mit n/10 Schwefelsäure (Indikator Phenolphthalein) bis zur Entfärbung zurücktitriert. Zur gleichen Lösung gibt man weiter einige Tropfen Kaliumchromatlösung und titriert das überschüssige NaCl mit n/10 $AgNO_3$ zurück.

Thiosulfatschwefel (t) und *Monosulfidschwefel* (s) in 100-ccm-Stammlösung lassen sich aus den nachstehenden Gleichungen berechnen, in denen a) ccm n/10-NaOH, b) ccm n/10-H_2SO_4, c) ccm n/10-$AgNO_3$ (zur Bestimmung des NaCl-Überschusses verbraucht), d) ccm n/10-NaCl sind.

$$t = 100 \cdot 4(a - b) \cdot 0{,}0016035 = 0{,}6414\ (a - b) \text{ und}$$
$$s = 100 \cdot 2(25 + c - d) \cdot 0{,}0016035 - t/2 = 0{,}3207 \cdot (25 + c - d) - t/2.$$

Die Polysulfidschwefelmenge (p) erhält man, indem man von dem Goochtiegelinhalt (e) das Gewicht des Silbersulfids abzieht, das sich aus der Sulfid- und der Hälfte der Thiosulfatschwefelmenge errechnen läßt: $p = 100 \cdot e - 7{,}727\ (s + t/2)$. Bei Schwefelkalkbrühen mit Kochsalzgehalt ist dieser zu bestimmen und das entsprechende AgCl von vorstehendem p abzuziehen. *Kochsalz* in der Brühe bestimmt man wie folgt: 20 ccm der zehnfach verdünnten Brühe werden nach Zugabe von NH_3 und H_2O_2 (Perhydrol-Merck 30%ig) bis zur Verflüchtigung vom NH_3 und Sauerstoff im Kochen gehalten. Nach dem Erkalten titriert man mit n/10 $AgNO_3$.

Den Gesamtschwefel einschließlich Sulfatschwefel findet man durch Fällen der Schwefelsäure aus einer mit NH_3 und H_2O_2 behandelten und mit HCl angesäuerten 10%igen Brühe mit $BaCl_2$ und Bestimmung des $BaSO_4$. Über Vereinfachung der Methode siehe Bodnár und Gervay.[1])

Bei einem einfacheren Verfahren für die Untersuchung der Schwefelkalkbrühe von Wöber[2]) unter teilweiser Verwendung Sanderscher Methoden[3]) wird der Polysulfidschwefel neben Monosulfid- und Thiosulfatschwefel durch Oxydation der Schwefelverbindungen in alkalischer Lösung von bestimmtem Gehalt mit H_2O_2 zu Sulfaten und Titration der überschüssigen Lauge bestimmt:

1. Den *Thiosulfatschwefel* ermittelt Wöber nach Sander: 10 ccm verdünnte Brühe (10 ccm auf 200 ccm verdünnt) gibt man zu etwa 50 ccm kalt gesättigter Quecksilberchloridlösung, schüttelt um, setzt NH_4Cl hinzu und schüttelt wieder, bis der Niederschlag weiße Färbung angenommen hat. Die Lösung mit dem Niederschlag wird mit n/10 NaOH (Indikator Methylorange) auf gelb titriert. Aus der gefundenen Menge n/10 NaOH (A) berechnet man nach der Gleichung

$$2\,CaS_2O_3 + 3\,HgCl_2 + 2\,H_2O = 2\,CaSO_4 + 4\,HCl + (2\,HgS \cdot HgCl_2)$$

den Thiosulfatschwefel. Danach ist 1 ccm n/10 NaOH = 3,206 mg Thiosulfatschwefel. Empfehlenswerter ist die Bestimmung des Thiosulfatschwefels nach Bodnár, weil dabei der Farbumschlag bei der Endtitration schärfer ist.

2. Für die Bestimmung des *Monosulfidschwefels* benutzt Wöber folgende Methode nach Sander: 10 ccm der verdünnten Schwefelkalkbrühe (Verdünnung wie unter 1.) werden zu 25 ccm n/10 Jodlösung, die vorher mit etwa 10 ccm n/10 HCl angesäuert wurden, gegeben. Der Jodüberschuß wird mit n/10 $Na_2S_2O_3$ (Indikator Stärkelösung) zurücktitriert.

---

[1]) Bodnár, J., und Gervay, W., Ztschr. f. analyt. Chem. **71**, 1927, 452.
[2]) Wöber, A., Chem. Ztg. **41**, 1917, 569.
[3]) Sander, Chem. Ztg. **39**, 1915, 945.

Die gefundene Jodmenge (D) gibt den Gehalt der Lösung an Monosulfid und Thiosulfat an. Die für Monosulfid verwendete Jodmenge E = D — A/2 (A siehe oben). 1 ccm n/10 Jod entspricht 1,603 mg Monosulfidschwefel.

3. Zur Bestimmung des *Polysulfidschwefels* nach Wöber gibt man 10 ccm verdünnte Schwefelkalkbrühe (Verdünnung wie bei 1.) unter Schütteln zu 10 ccm n/1 NaOH (x) und säurefreiem H_2O_2 (etwa 3 ccm Perhydrol-Merck 30%ig) in einen 100-ccm-Meßkolben. Man erhitzt vorsichtig bis zur reichlichen Sauerstoffentwicklung und hält diese Temperatur etwa 10 Min. inne. Nach dem Abkühlen der ausgeschiedenen $CaSO_4$ und $Ca(OH)_2$ enthaltenden Lösung füllt man auf und entnimmt nach kräftigem Durchschütteln 20 ccm davon, gibt hierzu einige Tropfen Methylorange und n/10 HCl im Überschuß. Man erwärmt etwas und titriert nach dem Erkalten den Überschuß an Säure mit n/10 NaOH zurück. Von dem nach der Gleichung 1 ccm n/1 NaOH = 16,03 mg Polysulfidschwefel errechneten Wert ist zur Erhaltung des endgültigen Wertes für Polysulfidschwefel die Hälfte des gefundenen Thiosulfatschwefels abzuziehen.

Später beschreibt Wöber[1]) eine Methode der Polysulfidbestimmung in Schwefelkalkbrühe, bei der die Umsetzung zwischen Polysulfid und neutralem Alkalisulfit zu Thiosulfat und Monosulfid benutzt wird. Hiernach werden 25 ccm verdünnte Schwefelkalkbrühe (10 ccm Stammlösung auf 200 ccm) in 20 ccm 10%ige frisch bereitete Natriumsulfitlösung gegeben, sodann bis zur Entfärbung auf etwa 40—50° erwärmt, 15 Min. stehen gelassen und nach dem Abkühlen auf 250 ccm aufgefüllt. Man läßt von dem ausgeschiedenen Kalziumsulfid und Kalziumsulfit absitzen und bestimmt in einem Teil der klaren Flüssigkeit das Thiosulfat nach Bodnár. Die Bestimmung des ursprünglichen Thiosulfatschwefels der Brühe erfolgt gesondert ebenfalls nach Bodnár. Die Hälfte der Differenz zwischen den beiden Thiosulfatschwefelwerten entspricht dem Polysulfidschwefel. Für Polysulfidlösungen mit Alkalikarbonatgehalt beschreibt Wöber Abänderungen des Verfahrens.

Goodwin und Martin[2]) geben nach Prüfung verschiedener Verfahren eine abgeänderte Methode von Chapin[3]) als zuverlässigste Arbeitsweise für die Bestimmung des Polysulfidgehaltes von Schwefelkalkbrühe, Schwefelleber und Ammoniumpolysulfid an. Dabei wird die Reaktionsfähigkeit des durch ammoniakalisches Zinkchlorid gefällten Schwefels mit Natriumsulfit unter Bildung von Thiosulfat benutzt, das mit Jodlösung titriert wird. Das überschüssige Natriumsulfit fällt man vorher mit Strontiumchlorid aus. Die nach Chapin umständliche Bestimmung des Sulfidschwefels wird als belanglos dabei nicht berücksichtigt. Danach gibt man 25 ccm des verdünnten Untersuchungsmaterials (1 : 25 für Flüssigkeiten, 1 : 50 für feste Substanzen) zu einer Mischung von 10 ccm ammoniakalischer Zinkchloridlösung[4]) und 35 ccm 10%iger frisch bereiteter Natriumsulfitlösung ($Na_2SO_3 \cdot 7\,H_2O$) in einen 350-ccm-Erlenmeyerkolben. Man erhitzt auf dem Wasserbad 45 Min. lang, während man in Abständen von 10 Min. gut durchschüttelt und die Innenwandung des Kolbens mit heißem Wasser abspritzt. Nach 45 Min. wird die Flüssigkeit mit 30 ccm 10%iger Strontiumchloridlösung versetzt, 5 Min. stehen gelassen und in einen 250 ccm Meßkolben filtriert. Das Filter wäscht man mit heißem Wasser, bis das Filtrat mindestens 200 ccm faßt. Nach dem Abkühlen wird bis zur Marke aufgefüllt. Zu 50 ccm davon fügt man 1 Tropfen Methylrot (0,2%ige alkoholische Lösung) und darauf 10%ige Weinsäurelösung aus einer Bürette, bis die Flüssigkeit eben sauer ist. Darauf wird mit n/20 Jodlösung titriert. Den zur Errechnung des Polysulfidgehaltes erforderlichen Thiosulfatgehalt der ursprünglichen Lösung bestimmt man durch Zugabe von 50 ccm des wie oben verdünnten Materials zu 50 ccm Wasser in einem 200-ccm-Kolben. Nach Zugabe von 20 ccm ammoniakalischer Zinkchloridlösung wird bis zur Marke aufgefüllt, durchgeschüttelt und durch ein trockenes Filter filtriert. Zu 100 ccm des Filtrates gibt man einige Tropfen Methylrotlösung, neutralisiert mit 10%iger Weinsäurelösung und titriert mit n/20 Jodlösung (Indikator Stärkelösung). Bei Verwendung der angegebenen Volumina ist der endgültige Titrationswert = $x - y/5$,

---

[1]) Wöber, A., Ztschr. f. angew. Chem. **34**, 1921, 73.

[2]) Goodwin, W., and Martin, H., J. agric. Science **15**, 1925, 103.

[3]) Chapin, R. M., J. Ind. Eng. Chem. **8**, 1916, 339.

[4]) Hergestellt durch Auflösung von 50 g reinem Zinkchlorid in 500 ccm Wasser, Hinzufügen von 125 ccm NH_3 (spez. Gew. 0,90) und 50 g NH_4Cl und Verdünnen auf 1 l.

wenn x den Wert der Polysulfidtitration und y den der Thiosulfattitration vorstellt. 1 ccm n/20 Jodlösung = 0,0032 g Schwefel. Liegt der endgültige Wert unter 35 ccm (Vol. der Natriumsulfitlösung), so ist damit Gewähr geboten, daß der notwendige Überschuß an Natriumsulfit vorhanden war.

Die Association of Official Agricultural Chemists in USA. benutzt folgende Methoden[1]):

a) Der *Polysulfidschwefel* wird durch Versetzen der verdünnten Brühe (1 : 50) mit Zinkchloridlösung (siehe Fußnote S. 601) in geringem Überschuß in der Kälte ausgefällt, abfiltriert und nach zweimaligem Waschen mit Wasser in dem ursprünglichen Reaktionsgefäß mit dem Filter, das etwas zerkleinert wird, mit Wasser überschichtet und mit 3 g Natriumsuperoxyd versetzt. Auf dem Wasserbad erwärmt man, bis der Schwefel, nötigenfalls unter Zugabe von mehr Natriumsuperoxyd, vollständig oxydiert ist. Nach Zugabe von Salzsäure im Überschuß wird filtriert und im Filtrat die Schwefelsäure als $BaSO_4$ bestimmt.

b) *Thiosulfatschwefel.* 50 ccm der 4%igen Schwefelkalkbrühe werden zu 50 ccm Wasser in einen 200-ccm-Meßkolben gegeben, es wird ammoniakalische Zinkchloridlösung in geringem Überschuß zugefügt und aufgefüllt. Nach dem Umschütteln und Filtrieren werden 100 ccm Filtrat mit wenigen Tropfen Methylorange oder Methylrot versetzt und genau mit n/10 HCl neutralisiert. Die neutrale Lösung wird mit n/20 Jodlösung (Indikator Stärkelösung) titriert. 1 ccm n/20 Jod = 0,0032 g Schwefel.

c) *Bestimmung des Gesamtschwefels,* bei der ein etwaiger Gehalt der Brühen an Silikaten berücksichtigt wird. Zu einer Lösung von 2—3 g Natriumsuperoxyd in 50 ccm kaltem Wasser werden 10 ccm verdünnte Brühe (1 : 25) gegeben. Die Flüssigkeit wird auf einem Wasserbad bei öfterem Umrühren bis zum Verschwinden der gelben Färbung erhitzt, mit verdünnter Salzsäure angesäuert, zur Trockne eingedampft und der Rückstand mit verdünnter Salzsäure behandelt. Nach dem Verdünnen wird die Flüssigkeit aufgekocht und filtriert. Die Schwefelsäure bestimmt man wie üblich als Bariumsulfat.

Für die Bestimmung des Gesamtschwefels der Schwefelkalkbrühen kann auch die von Järvinen[2]) für die Untersuchung von Schwefelpulver angegebene Methode dienen: 5 ccm der auf das zehnfache Volumen verdünnten Brühe werden in einen 300—400 ccm Erlenmeyerkolben mit 20 ccm Wasser und darauf mit 2 ccm Brom versetzt. Nach öfterem Umschütteln werden 5 ccm Äther hinzugefügt; nach viertelstündigem Stehenlassen bei wiederholtem Umschütteln wird die Flüssigkeit auf einem Wasserbad bis zur vollständigen Entfärbung erwärmt. Hierauf wird auf ungefähr 200 ccm verdünnt, mit Salzsäure angesäuert und die gebildete Schwefelsäure wie üblich als Bariumsulfat bestimmt.

Den *Kalk* in Schwefelkalkbrühen bestimmt man, indem man zu 25 ccm der auf das Zehnfache verdünnten Brühe 10 ccm Salzsäure (spez. Gew. 1,19) gibt. Die Flüssigkeit wird zur Trockne eingedampft und der Rückstand mit Wasser und etwas Salzsäure bis zur Lösung des Kalziumchlorids erwärmt. Man filtriert Schwefel und etwa vorhandene Silikate ab und bestimmt in dem Filtrat den Kalk als Kalziumoxalat.

Schulek[3]) beschreibt ein Verfahren, das die Überführbarkeit des Polysulfidschwefels in Alkali- bzw. Erdalkalithiozyanate vermittels Alkalizyanid benutzt. Sulfid und Überschuß an Alkalizyanid werden durch Kochen der mit Borsäure versetzten Lösung zersetzt. Bei Gegenwart von nicht zu viel Borsäure erleiden dabei Thiozyanat und Thiosulfat keine Veränderung. Von der Borsäure muß andererseits doppelt soviel genommen werden, als zur Bildung von Alkali- bzw. Erdalkalitetraborat nötig ist. Ein mäßiger Überschuß von Alkalizyanid genügt. *Die Methode hat den Vorteil der direkten Bestimmbarkeit des Polysulfidschwefels ohne weitere Nebenbestimmung von Thiosulfatschwefel.* Eine Lösung von 1 g Borsäure in 50—60 ccm Wasser wird unter Zugabe von Bimssteinpulver zur Vermeidung des Siedeverzuges zwecks Vertreibung von Luft 1—2 Min. lang gekocht, unmittelbar darauf mit 0,5—2,0 ccm einer 10%igen KCN-Lösung (dem zu bestimmenden Polysulfidschwefel entsprechend) und sodann mit 1—5 ccm verdünnter Polysulfidlösung, die nicht mehr als 0,20 g etwa 12—14% Polysulfid enthaltende Brühe aufweisen sollen, versetzt. Die klare, farblose oder gelbliche, beim Kochen bald farblos werdende Flüssigkeit hält man 10 Min.

---

[1]) J. Ass. Off. Agr. Chem. **3**, 1920, 353.
[2]) Järvinen, K. K., Ztschr. f. analyt. Chem. **63**, 1923, 378.
[3]) Schulek, E., Ztschr. f. analyt. Chem. **65**, 1925, 352.

lang im Kochen, wobei H_2S und HCN entweichen. Die Hälfte der abgekühlten Flüssigkeit (die andere Hälfte kann zur Bestimmung des Thiosulfatschwefels dienen, s. u.) wird nun unter Nachspülen mit Wasser in eine 120-ccm-Glasstöpselflasche gegossen, mit 1—2 ccm HCl (spez. Gew. 1,19) angesäuert und mit Brom oder Bromwasser bis zur beständigen Gelbfärbung versetzt. Den Bromüberschuß bindet man darauf durch Zugabe von 5—10 ccm etwa 5%iger Phenollösung und Schütteln der Flüssigkeit. Nach 10 Min. wird die farblose Lösung mit 0,5—1 g KJ versetzt und das ausgeschiedene Jod nach 15 Min. mit n/20 oder n/100 Thiosulfatlösung titriert. 1 ccm n/10 Thiosulfatlösung = 1,603 mg Polysulfidschwefel. Der Wirkung des Broms entsprechen folgende Gleichungen:

$$HCNS + 4\,Br_2 + 4\,H_2O = H_2SO_4 + 7\,HBr + CNBr$$
$$CNBr + 2\,HJ = HCN + HBr + J_2.$$

Die letzte Reaktion ist erst nach einer Viertelstunde beendet. Durch das Brom wird zugleich das vorhandene Thiosulfat oxydiert. Der Überschuß an Brom läßt sich durch Phenol binden, das auf CNBr ohne Einfluß bleibt. Ein etwa entstehender Niederschlag von $C_6H_2Br_4OH$ stört die Titration nicht. Soll auch Thiosulfatschwefel bestimmt werden, so wird die nach dem Verjagen von H_2S und HCN erhaltene abgekühlte Lösung in zwei gleiche Teile geteilt und der eine zur Bestimmung des Polysulfidschwefels, der andere zur Bestimmung des Thiosulfatschwefels wie folgt verwendet: man säuert die Lösung mit 10 ccm n/1 HCl an, versetzt sofort mit n/10 oder n/100 Jodlösung im Überschuß und bestimmt in üblicher Weise den Überschuß an Jod mit n/10 oder n/100 Thiosulfatlösung. 1 ccm n/10 Jodlösung = 6,4 mg Thiosulfatschwefel. Die Schuleksche Methode benutzen Bodnár und Gervay[1]) zwecks Herabsetzung des KJ-Verbrauchs, indem sie unter sonst gleichen Verhältnissen (Menge der Borsäure, Zyankaliums usw.) von der Polysulfidlösung nur ein Zehntel der angegebenen Menge und zur Titration 0,1 g Kaliumjodid und n/100 Thiosulfatlösung verwenden. Z. B. benutzen sie nur 1—2 ccm von Lösungen, die in 100 ccm 2—4 ccm Schwefelkalkbrühe, 1 g Solbar oder 2 g Schwefelleber enthalten.

Zur Untersuchung von Bariumpolysulfidpräparaten lassen sich nach Bodnár außer der Methode Schulek auch das oben zuerst genannte Wöbersche Verfahren, nicht aber die von Bodnár und von Wöber (Arbeitsweise II) verwenden.

Andere Verfahren für die Untersuchung der Schwefelkalkbrühen und anderer ähnlicher Pflanzenschutzmittel beschreiben Tartar und Bradley[2]), Jones[3]), Harris[4]), Haywood[5]), Thompson und Whittier[6]), Kurtenacker und Bittner[7]). Kurtenacker und Goldbach[8]) geben ein Verfahren an, nach dem die Trennung von Tri-, Tetra-, Pentathionat, Thiosulfat, Bisulfit und H_2S auf jodometrischem Wege möglich ist.

Schwefelkohlenstoff

Für den qualitativen Nachweis des CS_2 in Gemischen ist die Umsetzung mit Phenylhydrazin zu phenylsulfokarbazinsaurem Phenylhydrazin $C_6H_5 \cdot N_2H_4 \cdot CS \cdot S \cdot N_2H_2 \cdot C_6H_5$ nach Liebermann und Seyewetz[9]) recht geeignet. Votoček und Potmešil[10]) empfehlen die Hofmannsche Reaktion mit Anilin in alkalischer Lösung, bei der Sulfokarbanilid und leicht nachweisbares Alkalisulfid entstehen. Auch die Bildung von gelbem Cu-Xanthogenat (s. u.) eignet sich zum Nachweis.

[1]) Bodnár, J., und Gervay, W., Ztschr. f. analyt. Chem. **71**, 1927, 456.
[2]) Tartar, H. V., and Bradley, C. E., Ind. Eng. Chem. **2**, 1910, 271.
[3]) Jones, C. P., J. Agric. Res. **15**, 1923, Nr. 7.
[4]) Harris, Mich. Agric. Expt. Sta. Tech. Bull. **615**, 1911.
[5]) Haywood, J. K., J. Am. Chem. Soc. **27**, 1905, 244.
[6]) Thompson, F., and Whittier, A. C., Del. Agr. Exp. Sta. Bul. **105**, 1914.
[7]) Kurtenacker, A., und Bittner, K., Ztschr. f. anorgan. Ch. **142**, 1925, 119; Ztschr. f. analyt. Chem. **68**, 1926, 178.
[8]) Kurtenacker, A., und Goldbach, E., Ztschr. f. anorgan. allgem. Ch. **166**, 1927, 166, 177—189; Chem. Ztrbl. 1928, I, 1793.
[9]) Liebermann, C., und Seyewetz, A., Ber. d. D. chem. Ges. 24 Ref. 1891, 788.
[10]) Votoček, E., und Potmešil, R., Chem. Ztg. **25**, 1901, Rep. 275.

Zur quantitativen Bestimmung dient ziemlich allgemein nur die Xanthogenatreaktion in verschiedenen Ausführungsformen. Der Schwefelkohlenstoff wird hierbei, wenn er rein vorliegt, langsam in alkoholische Kalilauge hineindestilliert, in CS_2-armen Gemischen direkt mit der Lauge behandelt, wobei er sich nach folgender Gleichung umsetzt:

$$CS_2 + C_2H_5OK \rightarrow C(=S)(SK)(OC_2H_5)$$

Das entstandene xanthogensaure Kalium kann nun nach Ansäuern mit Essigsäure in Gegenwart von Bikarbonat jodometrisch entsprechend der Gleichung

$$2\,C_3H_6OS_2 + J_2 = 2\,C_3H_5OS_2 + 2\,HJ$$

titriert werden[1]; meist führt man die Xanthogensäure jedoch in schwach essigsaurer Lösung in das Kupfersalz über, wobei mit gestellter Kupfersulfatlösung direkt bis zum Endpunkt der Reaktion getüpfelt (Indikator Ferrozyankalium) oder der Kupferüberschuß mit Titantrichlorid zurücktitriert werden kann.[2])

Phosphor

Der elementare weiße Phosphor in Mäuselatwergen kann nach einem von Mach und Lederle[3]) angegebenen Verfahren bestimmt werden: Man verreibt 10 g der vorher sorgfältig zu mischenden Probe mit etwa 5 g gebranntem Gips, bringt das so gewonnene trockene Pulver verlustlos in einen etwa 200 ccm fassenden Schüttelzylinder, gibt mit einer Pipette, die mit Hilfe einer Saugpumpe gefüllt wird, 100 ccm Schwefelkohlenstoff hinzu, verschließt sofort und schüttelt in einem Rotierapparat eine Stunde lang. 10 ccm der überstehenden Lösung pipettiert man in ein Becherglas, in dem sich 50 ccm gesättigtes Bromwasser befinden. Die Oxydation des gelösten Phosphors erfolgt bei Zimmertemperatur und kann nach einstündigem Stehen als beendigt angesehen werden. Man verjagt den Schwefelkohlenstoff durch Erhitzen in Wasser ohne Flamme unter kräftigem Rühren, beseitigt die letzten Reste Brom durch kurzes Aufkochen und bestimmt die Phosphorsäure in der üblichen Weise entweder mit Magnesiamischung oder nach dem Lorenzschen Molybdänverfahren. 1 g $Mg_2P_2O_7$ = 0,2787 g P. 1 g Molybdänniederschlag = 0,014 37 mg P. Die Latwergen des Handels enthalten etwa 0,3—0,5 % P. Nach eigenen Erfahrungen ist entwässertes Natriumsulfat dem gebrannten Gips vorzuziehen.

In Phosphorölen läßt sich der Phosphor nach Wörner[4]) durch Oxydation der gesamten Substanz mit rauchender Salpetersäure bestimmen. Zu 5 g Phosphoröl setzt man tropfenweise unter Schütteln 5 ccm Salpetersäure (spez. Gew. 1,52). Nach Beendigung der starken Reaktion erwärmt man vorsichtig, bis die lebhafte Entwicklung der braunen Dämpfe vorüber ist, fügt tropfenweise 10 ccm eines Gemisches gleicher Raumteile konzentrierter Schwefelsäure und Salpetersäure zu, erwärmt weiter, läßt wieder Salpetersäure zutropfen und erhitzt bis zum Entweichen von H_2SO_4-Nebeln. Die Braunfärbung muß verschwunden sein. Der erkaltete Rückstand wird mit 20 ccm Wasser verdünnt, einige Minuten gekocht, mit 80 ccm Wasser und 30 ccm einer 50 %igen Ammonnitratlösung versetzt, auf 80° erwärmt, bis keine Blasen mehr aufsteigen, und die Phosphorsäure mit 25 ccm einer 10 %igen wässerigen Lösung von Ammonmolybdat (für 10—15 mg P berechnet) gefällt. Nach einer halben Minute langem Durchschütteln wird nach 15 Min. der Niederschlag durch Dekantieren mit kaltem Wasser säurefrei gewaschen, in n/2-NaOH gelöst, ein Überschuß von 4—5 ccm Lauge zugegeben, Ammoniak durch Erhitzen ausgetrieben und nach dem Abkühlen unter Zusatz von viel Phenolphthalein mit n/2-H_2SO_4 zurücktitriert. 1 ccm Lauge entspricht 0,5536 mg P.

---

[1]) Radcliffe, L. G., J. Soc. chem. Ind. **28**, 1909, 229; Ztschr. angew. Chem. **22**, 1909, 1413.

[2]) Hofmann, A. W., Ber. d. D. chem. Ges. **13**, 1880, 1732; Ztschr. analyt. Chem. **20**, 1881, 125; Grete, E. A., Ztschr. analyt. Chem. **21**, 1882, 133; Liebigs Ann. d. Chem. **190**, 1878, 211; Macagno, J., Ztschr. anal. Chem. **21**, 1882, 133; Gazz. chim. ital. **10**, 1880, 485; Nickels, Chem. News **43**, 148; Schmitz-Dumont, W., Chem. Ztg. **21**, 1897, 487, 510.

[3]) Mach, F., und Lederle, M., Chem. Ztg. **42**, 1918, 491.

[4]) Wörner, E., Pharmaz. Ztg. **53**, 1908, 398.

Zur Analyse von *Werrenpillen, (Phosphorpillen)* läßt man 1 g der im Mörser zerkleinerten Pillen mit Salpetersäure (spez. Gew. 1,52) über Nacht stehen, gibt 3 ccm Schwefelsäure hinzu und verjagt diese am nächsten Tage bei kleinster Flamme bis auf einen kleinen Rest. Dieser muß vollkommen klar sein. Er wird in ein Becherglas von 600 ccm gespült und auf 50 ccm mit Wasser verdünnt. Die Phosphorsäure ist nach Woy[1]) zu bestimmen. Geglühter Niederschlag mal 1,7254 gleich % Phosphor. Voraussetzung bei diesem Verfahren ist die Abwesenheit roten Phosphors.

Kleine Mengen gelben Phosphors bestimmen Korinfski und Golubewa[2]) durch Vergleich der Färbungen, die eine Benzollösung des Phosphors auf $AgNO_3$-Flecken erzeugt.

Phosphide

Phosphide lassen sich nach Haun[3]) nachweisen, indem man sie mit verdünnter Schwefelsäure erhitzt und in den Gasraum Streifen hängt, die mit 5%iger alkoholischer $HgBr_2$- oder 5%iger wässeriger $HgCdJ_4$-Lösung getränkt sind.

Zur Bestimmung des wirksamen Phosphidphosphors in Zinkphosphid und zinkphosphidhaltigem Getreide wird der Phosphorwasserstoff durch Erhitzen mit verdünnter Salz- oder Schwefelsäure in Freiheit gesetzt, zu Phosphorsäure oxydiert und in dieser Form gravimetrisch bestimmt. Für die Oxydation sind verschiedene Verfahren vorgeschlagen worden.[4])

Nur bei Verwendung von überschüssigem Brom, Chlor oder Permanganat geht der Phosphor sofort als Phosphorsäure in Lösung. Bei Verwendung von Silbernitratlösung, die Phosphorwasserstoff ebenfalls quantitativ absorbiert, ist die Oxydation durch nachträglichen Zusatz von Ammoniak und Hydroperoxyd zu vervollständigen.

An einen mit Tropftrichter und Gaseinleitungsrohr versehenen Destillierkolben von 250 ccm wird ein Zehnkugelrohr und an dieses ein Péligotrohr angeschlossen, der Kolben wird mit so viel Substanz beschickt, wie 0,2—0,3 g Phosphid entspricht, das Zehnkugelrohr mit 100 ccm, das Péligotrohr mit 10 ccm 3%iger Silbernitratlösung. Nach Füllung der Apparatur mit Kohlensäure werden unter Umschütteln 50 ccm 20%ige Schwefelsäure eingelassen. Unter andauerndem Durchleiten von Kohlensäure überläßt man je nach Heftigkeit der Reaktion den Kolbeninhalt zunächst eine Weile sich selbst oder erhitzt gleich, anfangs sehr langsam mit Sparflamme, später zum Kochen, bis der Dampf eben in das Zehnkugelrohr eintritt. Man erhitzt bis zu einer Stunde. Der Inhalt des Zehnkugelrohrs wird in ein Becherglas gespült, mit 5 ccm konzentriertem Ammoniak und destilliertem Wasser nachgespült und nach dem Erhitzen auf dem Wasserbad drei- bis fünfmal mit je 5 ccm 3%igem Hydroperoxyd versetzt. Nach weiterem halbstündigem Erhitzen dekantiert man vom Silberniederschlag, löst diesen in möglichst wenig konzentrierter Salpetersäure und erhitzt die vereinigten Flüssigkeiten bis zu völliger Klarheit. Nach Fällung des Silbers mit Ammonchloridlösung und Klärung der Lösung wird filtriert und ausgewaschen. In Filtrat und Waschwässern läßt sich nach Einengen auf etwa 150 ccm die Phosphorsäure als Magnesiumpyrophosphat wie üblich bestimmen. $Mg_2P_2O_7 \cdot 1{,}158 =$ Zinkphosphid.

Weniger zeitraubend ist die Methode von Gemmell und Archbutt[5]), welche die Oxydation des Phosphorwasserstoffs mit Bromwasser vorschreibt. Das Ableitungsrohr des Destillierkolbens ist mit drei Waschflaschen verbunden, von denen die beiden ersten mit Brom und Wasser, die dritte nur mit Bromwasser beschickt sind. Statt der drei Waschflaschen kann auch ein genügend großes Zehnkugelrohr genommen werden. Am Schluß der Analyse wird der Inhalt der Waschflaschen in ein Becherglas gespült, das Brom durch Kochen verjagt, die Lösung etwas eingeengt und die Phosphorsäure als Magnesiumpyrophosphat bestimmt.

Über *gasanalytische* Bestimmung des Phosphorwasserstoffs siehe Reckleben.[6])

---

[1]) Woy, Treadwell F. P., 6. Aufl., II, 367.

[2]) Korinfski, A. A., und Golubewa, S. F., Betriebs-Lab. **5**, 1936, 23—24 (russ.); Chem. Ztrbl. 1936, II, 657.

[3]) Haun, Chem. Ztg. **60**, 1936, 684.

[4]) Reckleben, H., Ztschr. f. analyt. Chem. **54**, 1915, 308.

[5]) Gemmell, W., und Archbutt, S. L., J. Soc. Chem. Ind. **27**, 1908, 427.

[6]) Reckleben, H., Ztschr. f. analyt. Chem. **54**, 1915, 241.

Fluorverbindungen

Kieselfluorwasserstoffsaure Salze analysiert man nach Schucht und Möller[1]) durch Versetzen ihrer Lösung mit einem Überschuß von neutralem Chlorkalzium (25 ccm 4 n $CaCl_2$-Lösung) und Titration unter Benutzung von Phenolphthalein:

$$Na_2SiF_6 + 3\,CaCl_2 + 4\,NaOH = 3\,CaF_2 + 6\,NaCl + Si(OH)_4$$

1 ccm n-NaOH = 47,075 mg Na_2SiF_6.

Das Verfahren eignet sich auch für die Bestimmung von kieselfluorwasserstoffsaurem Natrium in Ködern. Dabei ist die Kalilauge in Abzug zu bringen, die man bei der Bestimmung des Säuregrades des Füllstoffes nach Rammstedt[2]) durch Auszug von 10 g des Materials mit 50 ccm absolutem neutralisiertem Alkohol (halbstündiges Schütteln, 24stündiges Stehenlassen) und darauf folgende Titration von 25 ccm abgehobener, klarer Flüssigkeit oder Filtrat mit alkoholischer n/10 KOH ermittelt hat.

Natriumfluorid untersucht Greeff[3]) wie folgt: Eine Auflösung neutralen Fluorsalzes in heißem Wasser (25 ccm) wird nach dem Erkalten nach Zugabe von 20 g NaCl, 5 ccm 20%iger NH_4CNS-Lösung mit $FeCl_3$ (100 ccm $FeCl_3$-Lösung sollen 1 g NaF entsprechen) bis zum Auftreten einer hellgelben Färbung titriert. Nach Zugabe von je 10 ccm Alkohol und Äther titriert man unter Umschütteln bis zur Rotfärbung der Ätherschicht zu Ende.

$$6\,NaF + FeCl_3 = Na_3(FeF_6) + 3\,NaCl.$$

Die Fluoridlösung soll gegenüber Phenolphthalein streng neutral sein. Die Titration ist nur bei Mengen F von etwa 0,2 g F aufwärts genau. Nach Lunge-Berl[4]) ist der Farbumschlag wesentlich genauer, wenn man den Ätheralkohol durch Amylalkohol ersetzt. Bei Vorliegen von technischem NaF und Gemischen von NaF, $NaHF_2$ und Na_2SiF_6 geht Greeff wie folgt vor:

Eine Lösung von 0,5 g Substanz in 25 ccm heißem Wasser wird in einer Platinschale heiß mit n-NaOH oder bei wenig Na_2SiF_6 mit n/10 NaOH gegen Phenolphthalein titriert. Man erhält so Na_2SiF_6 und $NaHF_2$ (a). Da das Gesamtfluor danach als NaF vorliegt, titriert man dieses nun wie oben beschrieben (b). Zur Ermittlung des $NaHF_2$ löst man 0,5 g Substanz und 0,5 g KCl in 25 ccm heißem Wasser, kühlt ab, gibt 20 ccm Alkohol zu und titriert gegen Phenolphthalein kalt mit n-NaOH bzw. n/10 NaOH, bis die Rotfärbung einige Minuten stehen bleibt (c). Alkohol und KCl schalten das Na_2SiF_6 als unlösliches K_2SiF_6 aus. (a — c) ccm n-NaOH wurden für die Verseifung von Na_2SiF_6 verbraucht, 1 ccm n-NaOH = 47,075 mg Na_2SiF_6. Zieht man das den Salzen Na_2SiF_6 und $NaHF_2$ entsprechende NaF von Gesamtfluornatrium (b) ab, so erhält man das in der Substanz vorhandene NaF.

Für die Untersuchung wasserlöslicher Fluorsalze sind die von der American Wood-Preserves Association für Fluornatrium vorgeschriebenen Prüfungsmethoden[5]) beachtenswert, nach denen das NaF als PbClF bestimmt wird. Vgl. auch Smith, Hamilton und Graham.[6])

Technisches NaF analysieren Tananajew und Ssawtschenko[7]) auf NaF, Na_2SiF_6, Na_2CO_3, $NaHCO_3$ und SiO_2 nach einem nur gestellte HCl und NaOH benutzenden volumetrischen Verfahren. Über die titrimetrische Bestimmung des Fluors in löslichen und unlöslichen Fluoriden durch Überführung dieser in K_2SiF_6 s. Wassiljeff und Martjanow[8]).

Methoden für die Bestimmung von Fluoriden neben Borsäure und Arsenikalien beschreibt L. Hart.[9])

---

[1]) Schucht, L., und Möller, W., Ber. d. D. Chem. Ges. **39**, 1906, 3693.

[2]) Rammstedt, O., Ztschr. f. angew. Chemie **26**, 1913, 677.

[3]) Greeff, A., Ber. d. D. Chem. Ges. **46**, 1913, 2511.

[4]) Lunge-Berl, Chem.-techn. Untersuchungsmeth. 7. Aufl., 1922, Bd. II, S. 578.

[5]) Ztschr. f. angew. Chemie **36**, 1923, 369.

[6]) Smith, C. M., Hamilton, E. H., and Graham, J. J. T., J. Assoc. offic. agric. Chemists **14**, 1931, 253; Chem. Ztrbl. 1931, II, 1908.

[7]) Tananajew, J., and Ssawtschenko, G., S., Chem. J. Ser. B. J. angew. Chem. **7**, 1934, 1071; Chem. Ztrbl. 1936, I, 4041; 1934, I, 3370.

[8]) Wassiljew, A. A., und Martjanow, N. N., Z. f. analyt. Chem. **103**, 1935, 107—113.

[9]) Hart, L., J. Ind. Eng. Chem. Anal. **1**, 1929, 133; Chem. Ztrbl. 1929, II, 2242.

Kryolith wird nach Greeff[1]) durch zunächst vorsichtiges, dann höheres Erhitzen, zuletzt vor dem Gebläse, von 1 g gebeuteltem Kryolith, 2,5 g gebeutelter Kieselsäure und 6 g $KNaCO_3$ im Platintiegel bis zur ruhig fließenden Schmelze vorbehandelt. Die noch flüssige Schmelze gießt man in 150 ccm Wasser und erwärmt alles unter öfterem Umrühren $\frac{1}{2}$ Stunde auf dem Wasserbade. Die Flüssigkeit wird auf 250 ccm aufgefüllt und 100 ccm Filtrat mit verd. HCl und Phenolphthalein neutralisiert. Man dampft unter ständigem Lufteinleiten auf etwa 50 ccm ein und setzt dabei so lange n-HCl zu, bis auch nach längerem Kochen die Lösung farblos bleibt. Nach dem Abkühlen wird nochmals mit einem Tropfen n-NaOH und n-HCl auf genaue Neutralität geprüft und nach Zugabe von NaCl und NH_4CNS wie oben titriert (s. auch Urech)[2]).

Specht, F.[3]) schließt 0,5 g feinst gepulverten Kryolith mit 1,5 g reinem Quarz und 5 g $KNaCO_3$ im Platintiegel auf und behandelt die Schmelze mit warmem Wasser bis zum völligen Zerfallen. Nach Auffüllen auf 500 ccm werden 200 ccm klares Filtrat mit HCl und HNO_3 ganz schwach angesäuert (Methylorange) und auf 60—65° erwärmt. Das Fluor wird darauf durch Zusatz von 40 ccm 10%iger Bleiazetatlösung, die 1%ige freie Essigsäure enthält, gefällt. Den PbClF-Niederschlag löst man in 20 ccm 60%iger HNO_3, filtriert in einen 500 ccm Meßkolben, fügt 70 ccm n/10 $AgNO_3$-Lösung hinzu, füllt zur Marke auf und filtriert durch ein trockenes Faltenfilter. 200 ccm Filtrat werden mit 5 ccm $Fe_2(SO_4)_3$. $(NH_4)_2SO_4$-Lösung versetzt und mit n/10 NH_4CNS-Lösung zurücktitriert. 1 ccm n/10 $AgNO_3$ = 0,0019 g Fluor. Auch andere Fluorverbindungen kann man nach diesem Verfahren untersuchen. Organische Fluorverbindungen schließt Specht mit Na_2O_2 in der Burgeß-Parr-Bombe auf. Näheres über SiO_2-, SO_4-Bestimmungen und anderes im Original.

Im Kryolith bestimmt F. J. Frere[4]) das NaF mit Yttriumnitrat, Na mit Zink-Uranylacetat nach Berber und Kolthoff, Al_2O_3 mit 8-Oxychinolin, H_2O durch einstündiges Erhitzen auf 700° bis zur Gewichtskonstanz.

Über die Bestimmung von Silicium, Aluminium und Fluor in Kryolith s. Th. Millner und F. Kunos[5]). Die Überführung des Kryolith in leicht analysierbare Form durch Abrauchen mit Oxalsäure beschreibt Tananajew.[6]) Die Bestimmung von Na_2SiF_6 in künstlichem Kryolith, die auf dem Auslaugen von Na_2SiF_6 mit Wasser und folgender Titration der wäßrigen Lösung mit Alkali beruht, ergibt infolge der teilweisen Löslichkeit des Kryoliths und der Bildung von HF (Hydrolyse von AlF_3) zu hohe Werte, die durch Zugabe von NaF zu der zu titrierenden Lösung vermieden werden. NaF bewirkt volle Unlöslichkeit des Kryoliths.[7])

Bariumsilicofluorid bestimmen Vinas und Save[8]) in insektiziden Pulvern durch Titration einer Mischung von 0,5 g des Pulvers und 200 ccm siedendem Wasser während des Siedens mit n-NaOH und Phenolrot als Indikator, Endfärbung rosa. Die Titration verläuft wegen der geringen Löslichkeit des $BaSiF_6$ nur langsam; 1 ccm n-NaOH = 0,0698 g $BaSiF_6$. Bei Gegenwart von Na_2SiF_6 werden 10 g der Probe 2 Stunden lang mit 100 ccm H_2O unter öfterem Umschütteln stehen gelassen und 20 ccm Filtrat mit n/10-NaOH titriert (1 ccm n/10-NaOH = 4,708 mg Na_2SiF_6).

Als $BaSO_4$ bestimmt man $BaSiF_6$ durch $\frac{1}{2}$stündiges Kochen einer Mischung von 0,5 g Substanz, 20 ccm HCl, 50 ccm H_2O, Auffüllen auf 500 ccm und Fällung des Ba als $BaSO_4$ in 200 ccm Filtrat. A. Bonis[9]) beschreibt ein Verfahren, das im Aufschluß des $BaSiF_6$ mit

---

[1]) Lunge-Berl, Chem.-techn. Untersuchungsmeth. 7. Aufl., 1922, Bd. II, S. 576.

[2]) Urech, P., Chemiker-Ztg. **57**, 1933, 855.

[3]) Specht, F., Z. anorg. allg. Chem. 231,181, 1937; Chem. Ztrbl. 1937, II, 1411.

[4]) Frere, F. J., Ind. Eng. Chem. Anal., **6**, 1934, 124; **5**, 1933, 17; Chem. Ztrbl. 1934, II, 988; 1933, I, 3981; 1928, II, 589.

[5]) Millner, Th., und Kunos, F., Z. f. analyt. Chem. **90**, 1932, 161—170.

[6]) Tananajew, I., Ukrain. chem. Journ. **5**, 1930, 87—111; Chem. Ztrbl. 1930, II, 1579.

[7]) Borkowski, A. A., and Porfirew, N. A., Chem. J. Ser. B. J. angew. Ch.; Chem. Ztrbl. 1936, I, 2595.

[8]) Vinas, J., and Save, J., Ann. Falsificat. Fraudes **29**, 1936, 152; Chem. Ztrbl. 1936, II, 1232.

[9]) Bonis, A., Ann. Falsificat. Fraudes **28**, 1935, 401; Chem. Ztrbl. 1936, I, 1945.

$KNaCO_3$ und Bestimmung von SiO_2 und CaF_2 besteht. $BaSiF_6$ an Äpfeln ermittelt Carter[1]) durch 30 Sekunden langes Eintauchen von 20 Äpfeln in siedende 3%ige NaOH und Bestimmung des Ba als Sulfat in der angesäuerten Lösung.

Hawley[2]) scheidet das Fluor aus Mineralien nach einer Schmelze mit $KNaCO_3$ als PbClF ab und bestimmt das Chlor in dem abgeschiedenen Niederschlag mit gestellter $AgNO_3$-Lösung.

Über die Titration des Fluors mit Aluminiumsalz-Ceronitrat und Borsäurelösungen s. Kurtenacker und Jurenka[3]); mit Kieselsäure Siegel[4]); mit Titansalzen Steiger[5]) Fresenius, Schröder und Frommes[6]), Goldenberg[7]), Korenmann[8]).

Über die Bestimmung des Fluor in fluoridhaltigen Spritzrückständen durch Titration mit $Th(NO_3)_4$-Lösung und Na-Alizarinsulfonat als Indikator vgl. Hoskins und Ferris[9]). Fluor in Pflanzen titrieren O. B. Winter und L. Butler[10]), mit $Th(NO_3)_4$ und Zirkon-Alizarin als Indikator; s. a. Mayrhofer und Wasitzki[11]). Mikrochemischer Nachweis: Kühnel-Hagen.[12])

Über maßanalytische Ermittlung des Fluors in Fluoriden durch Überführung in SiF_4 und H_2SiF_6 nach Penfield vgl. Treadwell und Koch[13]); Treadwell[14]) (Quantitative Analyse); Lunge-Berl[15]); (Vereinfachtes Penfieldsches Verfahren Rasanow)[16]); Gasvolumetrische Bestimmung nach Öttel s. Hempel[17]).

Über die Bestimmung des Fluors in Holz vgl. Rütgerswerke[18]); über Nachweis im Wein Balavoine[19]).

Kolorimetrische Bestimmungsmethoden: Foster[20]); Armstrong[21]); O. M. Smith und H. Dutcher[22]); Peyrot[23]).

Einen Überblick über die Methoden gibt die Ztschr. f. anal. Chem.[24]). Vgl. weiterhin[25]).

---

[1]) Carter, R. H., Ind. Engin. Chem. Analyt. Ed. **3**, 1931, 146.

[2]) Hawley, F. G., Ind. Eng. Chem. **18**, 1926, 573; Z. f. analyt. Chem. **71**, 1927, 403.

[3]) Kurtenacker, A., und Jurenka, W., Z. f. analyt. Ch. **82**, 1930, 211.

[4]) Siegel, W., Angew. Ch. **42**, 1929, 856.

[5]) Steiger, G., J. am. Soc. **30**, 1908, 219.

[6]) Fresenius, L., Schröder, K., und Frommes, M., Z. f. analyt. Ch. **73**, 1928, 63.

[7]) Goldenberg, J. D., Z. f. angew. Ch. (russ.) **8**, 1932, 1088.

[8]) Korenmann, I. M., Z. f. anorg. Ch. **216**, 1933, 33.

[9]) Hoskins, W. M., and Ferris, C. A., Ind. Engin., Chem., Analyt. **8**, 1936, 6; Chem. Ztrbl. 1936, I, 3393.

[10]) Winter, O. B., and Butler L., J. Ass. off. agric. Chemists **16**, 1933, 105; Armstrong, W. D., J. Amer. chem. Soc. **55**, 1933, 1741; Willard, H. H., and Winter, O. B., Ind. Engin., Chem. Analyt. **5**, 1933, 7; Chem. Ztrbl. 1933, I, 3982.

[11]) Mayrhofer, A., und Wasitzki, A., Biochem. Ztschr. **204**, 1929, 62—77; Chem. Ztrbl. 1929, I, 1361.

[12]) Kühnel-Hagen, S., Mikrochemie **15** (N. F. 9), 1934, 313; Chem. Ztrbl. 1934, II, 3530.

[13]) Treadwell, F. P., und Koch, A. A., Ztschr. f. anal. Chem. **43**, 1904, 469.

[14]) Treadwell, F. P., II, 6. Aufl. 1913, 401.

[15]) Lunge-Berl, Chem.-techn. Untersuchungsmethoden. Aufl. 7, Bd. I, S. 885; Bd. II, S. 578, 1143.

[16]) Rasanow, S. N., Chem. Ztrbl. 1935, II, 1242.

[17]) Hempel, W., Gasanalytische Methoden 3. Aufl., S. 342.

[18]) Chem. Ztg. **56**, 1932, 731.

[19]) Balavoine, P., Mitt. Lebensm. Hyg. **24**, 1933, 180; Chem. Ztrbl. 1933, II, 1102.

[20]) Foster, M. D., J. Am. Chem. Soc. **54**, 1932, 4464; Chem. Ztrbl. 1933, I, 463.

[21]) Armstrong, W. D., Ind. Eng. Chem. Anal. **5**, 1933, 315; Chem. Ztrbl. 1933, II, 3317.

[22]) Smith, O. M., and Dutscher, H., Ind. Eng. Chem. Anal. **6**, 1934, 61; Chem. Ztrbl. 1934, I, 3089.

[23]) Peyrot, E., Ann. Chim. applicata **24**, 1934, 74; Chem. Ztrbl. 1934, II, 475.

[24]) Z. f. analyt. Chem. **91**, 1932, 81.

[25]) Chem. Ztrbl. 1930, I, 3082; 1933, I, 817, 974; 1933, II, 1556; 1934, I, 3239.

Natriumchlorat

Natriumchlorat kann unter einer Kohlensäureatmosphäre durch Reduktion mit gestellter saurer Ferrosulfatlösung unter Zurücktitration des überschüssigen Ferrosulfats mit n/10-$KMnO_4$ bestimmt werden.[1]) Man löst 4 g Natriumchlorat zu 1 Liter und bringt 10 ccm in einen Ventilkolben, woraus die Luft durch Einleiten von Kohlensäure verdrängt wurde, fügt 50 ccm einer frisch titrierten sauren Ferrosulfatlösung hinzu, die aus 300 ccm Wasser, 100 ccm konz. Schwefelsäure und etwa 30 g pulverisiertem kristallisiertem Eisenvitriol unter Auffüllen zum Liter bereitet wird, und kocht 10 Minuten. Dabei findet folgende Reaktion statt:

$$NaClO_3 + 6FeSO_4 + 3H_2SO_4 = NaCl + 3Fe_2(SO_4)_3 + 3H^2O.$$

Nach dem Erkalten verdünnt man mit ausgekochtem kaltem Wasser und fügt 10 ccm einer Lösung hinzu, die aus 67 g krist. Mangansulfat in 540—600 ccm Wasser, 138 ccm Phosphorsäure (D = 1,7) und 130 ccm konz. Schwefelsäure (D = 1,82) unter Auffüllen zum Liter bereitet wird. Den Überschuß des Ferrosulfats titriert man mit n/10-$KMnO_4$ zurück. Die Differenz des Permanganatverbrauches von 50 ccm Ferrolösung und des Permanganatverbrauches bei der Analyse dividiert durch die Einwaage und multipliziert mit 17,75 ergibt den Prozentgehalt an $NaClO_3$.

Peters und Deutschländer[2]) geben eine einfachere bromometrische Bestimmung von Chloraten an. Eine Lösung von Chlorat mit nicht über 0,05 g ClO_3 wird mit 25 ccm n/10-As_2O_3-Lösung und 10 ccm verdünnter HCl versetzt. Nach Zugabe von 0,05—0,1 g KBr kocht man bei kleiner Flamme 10 Minuten lang, verdünnt auf 100 ccm und titriert die heiße Flüssigkeit nach Zugabe von 1 Tropfen Methylorangelösung mit n/10-$KBrO_3$-Lösung auf farblos. 1 ccm n/10-As_2O_3 = 2,043 mg $KClO_3$.

Zur Bestimmung des *Chlorates neben Perchlorat* in Unkrautbekämpfungsmitteln kann ein für Salpeteruntersuchungen gedachtes Verfahren von Scharrer[3]) dienen, das die quantitative Reduktion von Chlorat und Perchlorat im Schmelzfluß durch Cu und die einseitige Reduktion von Chlorat in HNO_3-Lösung durch Mg benutzt. Die Substanz mit nicht mehr als 0,8 g Chlorat wird in 200 ccm Wasser, 50 ccm 10%iger HNO_3 und 5 g chlorfreiem Mg von allerfeinster Pulverform 3 Stunden gekocht. Im Filtrat wird das Chlor gefällt. Chlorat und Perchlorat bestimmt man durch Reduktion mit metallischem Cu-Pulver und zieht von dem gefundenen Cl das dem Chlorat entsprechende Cl ab. Die Schmelze wird bereitet, indem 5—10 g eines Gemisches von Natriumnitrat, -chlorat und -perchlorat (von den beiden letzten sollen insgesamt nicht mehr als 10—15% vorhanden sein), im Nickeltiegel mit Deckel vorsichtig mit sehr kleiner Flamme zum Schmelzen gebracht werden. Hierauf trägt man in kleinen Portionen unter Erhitzen mit kleinster Flamme und Umrühren mit einem Glasstabe 5—10 g Cu-Pulver ein. Der Tiegel wird bedeckt mit kleiner Flamme 2 Stunden lang erhitzt. Erst gegen Ende der Arbeit kann die Temperatur gesteigert werden, ohne daß aber der Tiegelboden auf wahrnehmbare Glut gebracht wird. Die Schmelze löst man in Wasser, filtriert vom Kupferoxyd ab, wäscht aus und bestimmt im Filtrat das Chlorion.

Der *Chloratnachweis im Boden* ist von Mach und Herrmann[4]) ausgearbeitet worden. Spuren von Chloraten lassen sich nach Feigl[5]) durch Versetzen eines Gemisches aus 2 Tropfen syrupöser Phosphorsäure (D = 1,70) und 2 Tropfen gesättigter Mangansulfatlösung mit einigen Tropfen der zu prüfenden Lösung und Erhitzen bis zum Kochen in einer Porzellanschale nachweisen. Bei Gegenwart von Chlorat bis zu 0,05 γ tritt Violettfärbung auf.

Äthylenoxyd (B1)

Nach Äthylenoxyddurchgasungen ist vor Freigabe der Räume die Abwesenheit von Gasresten durch den negativen Ausfall einer Gasrestprobe nachzuweisen. Hierzu wurde anfangs ein Verfahren der I. G. Farbenindustrie mit Aluminiumchlorid und fuchsinschwefliger Säure

[1]) Treadwell, F. P., Quantitative Analyse (VI.), Leipzig u. Wien. 1913, S. 535.
[2]) Peters, K., und Deutschländer, E., Apothekerztg. **41**, 1926, 594.
[3]) Scharrer, K., Ber. Dtsch. Chem. Ges. **59**, 1926, 2746.
[4]) Mach, F., und Herrmann, R., Ztschr. f. Pflanzenernährung A. **12**, 1928, 189.
[5]) Feigl, F., Tüpfelreaktion, Leipzig 1935.

benutzt. W. Deckert[1]) fand, daß diese Methode nicht genügend zuverlässig arbeitet. Er empfiehlt eine mit Hilfe einfacher Geräte leicht und schnell auszuführende Arbeitsweise, die die Bildung von Glykolchlorhydrin aus Äthylenoxyd und Chlorion

$$(CH_2)_2O + NaCl + H_2O = CH_2OH \cdot CH_2Cl + NaOH$$

als Grundlage hat. Von den benutzten Indikatoren zeigen Phenolphthalein 0,1 mg Äthylenoxyd und Bromthymolblau 0,02 mg Äthylenoxyd an. Je nach Wahl des Indikators bedeutet ein negativer Ausfall der Reaktion bei Untersuchung von 200 ccm Luft die bestimmte Abwesenheit von Aethylenoxydmengen, die größer sind als 0,5 mg/l (Phenolphthalein) bzw. 0,1 mg/l (Bromthymolblau). Gegenwart von Ammoniak stört die Reaktion, nicht aber Kohlensäure. Bei Verwendung 40%iger Kaliumrhodanidlösung an Stelle der ursprünglich verwendeten 22%igen NaCl-Lösung kann man nach Deckert[2]) schon bei etwa 30°, also durch Erwärmen mit der Hand oder in der inneren Rocktasche binnen 2 Minuten feststellen, ob schädliche Mengen Äthylenoxyd vorhanden sind. Die Verwendung von Bromthymolblau erübrigt sich hierbei, weil die Reaktion durch das Rhodanid bereits viermal empfindlicher geworden ist und weitere Empfindlichkeitssteigerung unnötig ist. Lentz und Gaßner (s. S. 458) geben unter genauer Beschreibung des Gerätes und der Chemikalien folgendes amtlich als zuverlässig anerkanntes (Runderlaß des Reichs- und Preußischen Ministers d. Innern v. 4. 3. 35; M. Bl. i. V. 1935, Nr. 11) Verfahren an: 100 ccm Luft werden mit einer Saugspritze angesogen und langsam durch 1 ccm einer wasserklaren, mit einem Tropfen Phenolphthaleinlösung versetzten 40%igen Rhodankaliumlösung hindurchgedrückt. Hat die Reagenzflüssigkeit, die Zimmertemperatur (etwa 20°) haben soll, 2 Minuten nach beendetem Durchleiten der Luft sich nicht rot oder auch nur schwachrosa verfärbt, ist in der untersuchten Luft keine bedenkliche Äthylenoxydkonzentration mehr vorhanden.

Lubatti[3]) ändert das Deckertsche Verfahren ab, indem er das zu untersuchende Gas 30 Sekunden mit einer fast gesättigten Lösung von $MgCl_2$ (in einer späteren Arbeit mit $MgBr_2$)[4]) und 0,5 n-H_2SO_4 behandelt, das Reaktionsgefäß mit 25—30 ccm Wasser ausspült und mit 0,05 n-NaOH titriert. Ein etwaiger Säureverbrauch des $MgCl_2$ wird durch Blindversuch ermittelt. 1 ccm 0,05 n-NaOH = 2,202 mg Äthylenoxyd. Weiterhin benutzt Lubatti ein abgeändertes Bichromatverfahren nach Müller.

Fingerzeige zur Aufstellung der Geräte und Berechnung der Gaskonzentration geben Page und Lubatti.[5])

Formaldehyd

Von den zahlreichen Verfahren[6]) für die Bestimmung des Formaldehyds in Formalin können hier nur die drei gebräuchlichsten, die *Wasserstoffsuperoxydmethode* von Blank und Finkenbeiner[7]), die *Natriumsulfitmethode* von Lemme[8]) und die *Jodidmethode* von Romijn[9]) genannt werden. Den drei Arbeitsweisen entsprechen folgende Reaktionen:

1. $2HCHO + 2NaOH + H_2O_2 = 2HCOONa + 2H_2O + H_2$,
2. $HCHO + Na_2SO_3 + H_2O = HCHOH \cdot SO_3Na + NaOH$,
3. $2J + 2NaOH = NaOJ + NaJ + H_2O$,
   $HCHO + NaOJ + NaOH = HCOONa + NaJ + H_2O$.

---

[1]) Deckert, W., Ztschr. f. angew. Chem. **45**, 1932, 559; vgl. Amtl. Pflanzenschutzbest. Bd. V, 64.

[2]) Deckert, W., Ztschr. f. angew. Chem. **45**, 1932, 758.

[3]) Lubatti, O. F., J. Soc. Chem. Ind.; Chem. and Ind. **51**, 1932, Trans 361; Chem. Ztrbl. 1933, I, 1485.

[4]) Lubatti, O. F., J. Soc. Chem. Ind. **54**, 1935, Trans 424—426; Chem. Ztrbl. 1936, II, 2432.

[5]) Page, A. B. P., und Lubatti, O. F., J. Soc. chem. Ind.; Chem. and Ind. **52**, 1933, 309.

[6]) Vgl. Ullmann, F., Enzyklopädie d. techn. Chemie **5**, 1929, 424.

[7]) Blank, O., und Finkenbeiner, H., Ber. d. Dtsch. Chem. Ges. **31**, 1898, 2979; Ztschr. f. analyt. Chem. **39**, 1900, 62.

[8]) Lemme, G., Chem. Ztg. **27**, 1903, 896.

[9]) Romijn, G., Ztschr. f. analyt. Chem. **36**, 1897, 18.

Wasserstoffsuperoxydverfahren. Etwa 3 g Formalin werden in einem Wägeröhrchen genau abgewogen und mit dem Röhrchen zu 25 ccm kohlensäurefreier 2n-Natronlauge in einem 500 ccm-Erlenmeyerkolben gegeben. Sofort darauf gibt man 50 ccm 3%iges Wasserstoffsuperoxyd unter Umschwenken im Verlauf von 3 Minuten hinzu. Nach einer Stunde wird der Überschuß an Lauge mit n-Schwefelsäure (Indikator reines Lakmus oder Neutralrot) zurücktitriert. Azidität von Formaldehyd und Wasserstoffsuperoxyd sind mit n/10 Lauge festzustellen und bei der Berechnung zu berücksichtigen. Es ist stets kohlensäurefreies Wasser zu verwenden. 1 ccm 2n Natronlauge = 0,06 g Formaldehyd.

Volumprozente, d. h. Gramm in 100 ccm werden aus den festgestellten Gewichtsprozenten vermittels des spez. Gew., das im Pyknometer bei 15° zu bestimmen ist, errechnet.[1])

Bei mehreren Bestimmungen ist es zweckmäßiger, eine größere Menge Formalin (etwa 30 g) genau abzuwägen, auf 250 ccm zu bringen und davon je 25 ccm zu verwenden. Bei der nachstehenden Sulfitmethode sind dann bei dem blinden Versuch die entsprechenden Verdünnungen zu berücksichtigen.

Bodnár und Gervay[2]) untersuchten nach diesem Verfahren verschiedene formaldehydhaltige Beizmittel.

Sulfitverfahren. Eine Auflösung von etwa 3 g Formalin (genau abgewogen) in 50 ccm frisch bereiteter, 25,2 g $Na_2SO_3 + 7H_2O$ in 100 ccm enthaltender Sulfitlösung (ungefähr n-Sulfitlösung) wird in einer Stöpselflasche nach 10 Minuten langem Stehen mit n-HCl nach Zugabe von 3 Tropfen 0,1 %iger alkoholischer Phenolphthaleinlösung (nicht mehr!) auf farblos titriert. Da Natriumsulfitlösung infolge hydrolytischer Spaltung des Salzes alkalisch reagiert, ist eine Korrektur des gefundenen Wertes nötig, die durch einen blinden Versuch ermittelt wird. Dafür sind Sulfitgehalt und Volumen der Lösung nach der Titration maßgebend. Sind z. B. bei einer Bestimmung 24,0 ccm n-HCl verbraucht worden, so würde man 26,0 ccm der Sulfitlösung auf etwa 24 ccm, dem Endvolumen der Titrationsflüssigkeit, bringen und nach Zugabe von 3 Tropfen 0,1 %iger Phenolphthaleinlösung mit n-HCl titrieren, wozu z. B. 0,4 ccm nötig wären. Zur Neutralisation der entstandenen Natronlauge waren demnach 23,6 ccm n-HCl erforderlich. 1 ccm n-HCl = 0,03 g HCHO[3]). Sofern man die Lösung vor der Titration mit NaCl sättigt, ist die Vornahme des blinden Versuches nicht nötig.[4]) Der geringe Säuregehalt der der Analyse unterliegenden Formalinlösung ist mit n/10 NaOH zu bestimmen und, auf n/1 HCl umgerechnet, den verbrauchten Kubikzentimetern n-HCl hinzuzuzählen. Natriumsulfit mit Na_2CO_3-Gehalt, wie es zuweilen im Handel vorkommt, ist für die Bestimmung unbrauchbar. Die schwach bläuliche Mischung von 12 ccm n-Sulfitlösung, 80 ccm Wasser und 3 Tropfen 0,1 %iger Thymolphthaleinlösung (in 50 %igem Alkohol) soll sich bei einwandfreiem Natriumsulfit auf Zusatz von 1 Tropfen n/10 HCl entfärben.[5]) Über die Verwendung von Thymolphthalein bei Formaldehydtitrationen siehe Täufel und Wagner.

Bodnár und Gervay nehmen bei der Untersuchung von Beizmitteln nach dieser Methode als Titrationssäure H_2SO_4 und als Indikator 3 Tropfen Rosolsäure (0,1 g Rosolsäure in 50 ccm 50 %igem Alkohol).

Jodverfahren. Homologe des Formaldehyds und Ketone dürfen dabei nicht zugegen sein. Ferner ist alkoholfreie Natronlauge, am besten aus Natrium hergestelltes Ätznatron zur Bereitung der Lauge zu verwenden. Auch ist starkes Ansäuern zu vermeiden. Zu 20 ccm 8 %iger Natronlauge gibt man 10 ccm Formaldehydlösung (25 ccm Formaldehyd auf 1 l Wasser verdünnt) und läßt dazu 50 ccm n/5 Jodlösung fließen. Nach 3 Minuten wird mit 25 ccm 10 %iger Schwefelsäure versetzt und mit n/10 Natriumthiosulfatlösung zurücktitriert. Indikator Stärkelösung. 1 ccm n/10 Jodlösung = 0,0015 g Formaldehyd.[6])

---

[1]) Fresenius, W., und Grünhut, L., Ztschr. f. analyt. Chem. **44**, 1905, 13; Mach, F., und Herrmann, R., Ztschr. f. analyt. Chem. **62**, 1923, 104; **63**, 1923, 417.

[2]) Bodnár, J., und Gervay, W., Ztschr. f. analyt. Chemie **80**, 1930, 127.

[3]) Auerbach, F., Arb. a. d. Kaiserl. Gesundheitsamt **22**, 1905, 588.

[4]) Täufel, K., und Wagner, C., Ztschr. f. analyt. Chem. **68**, 1926, 25.

[5]) Chem. Ztg. **52**, 1930, 502.

[6]) König, J., Untersuchung landw. wichtiger Stoffe V, Bd. II, 362; Auerbach, F. Arb. a. d. Kaiserl. Gesundheitsamt **22**, 1905, 591.

Als störend wirkende Verunreinigungen von Formaldehydpräparaten sind besonders Azeton und Azetaldehyd zu nennen. Eine Beimischung von je 4% Azeton oder Azetaldehyd verursacht bei der Sulfitmethode eine Erhöhung des Befundes von 1% bzw. 2%, bei der H_2O_2-Methode dagegen keine wesentliche Veränderung. F. Mach und R. Herrmann[1]) empfehlen daher, die Bestimmung des Formaldehyds in den Handelspräparaten stets nach dem Wasserstoffsuperoxyd- und Sulfitverfahren durchzuführen. Bei nicht wesentlich verunreinigten Formaldehyden geben beide Methoden gute übereinstimmende Werte.

Liegt dagegen der nach dem Sulfitverfahren gefundene Wert zu hoch, so empfiehlt es sich, das fragliche Präparat auf Azeton bzw. Azetaldehyd vermittels der Jodoformreaktion[2]) zu prüfen und bei positivem Befund nach einem besonderen Jodverfahren zu arbeiten, das den Formaldehyd noch hinreichend genau zu bestimmen gestattet.[3])

Über die Bestimmung des Formaldehyds in unreinen Lösungen nach der Romijnschen Zyankaliummethode siehe Kühl.[4])

Zur Untersuchung von *Formaldehydseifenlösungen* geben H. Kreis und P. Wermuth[5]) folgende drei Verfahren an:

5 g Seifenlösung werden mit verdünnter H_2SO_4 angesäuert und mit Dampf 100 ccm abdestilliert, in 50 ccm filtriertem Destillat wird CH_2O jodometrisch bestimmt. Einfacher ist es, aus 50 g Seifenlösung nach Zusatz von 50 ccm Wasser, 20 ccm verdünnter H_2SO_4 und etwas Bimssteinpulver ohne Einleiten von Dampf 100 ccm abzudestillieren. Noch praktischer ist folgendes Verfahren: 20 g Seifenlösung, 120 ccm Wasser versetzt man mit 25 ccm 5%iger Lösung von wasserfreiem $CaCl_2$, bringt auf 200 ccm und bestimmt in 20 ccm Filtrat den CH_2O jodometrisch.

Der *Methylalkohol* in Formaldehydlösungen läßt sich nach Blank und Finkenbeiner[6]) wie folgt bestimmen: 1 g Formaldehydlösung wird in einem Wägegläschen abgewogen und in ein Gemisch von 50 ccm 2 n-Chromsäurelösung (66,86 g Chromsäure im Liter) und 20 ccm reiner Schwefelsäure eingetragen. Nach 12 Stunden langem Stehen verdünnt man auf 1 Liter und titriert 50 ccm davon nach Zugabe von wenig Kaliumjodid mit n/10 Thiosulfatlösung.

$$HCHO + O_2 = CO_2 + H_2O$$
$$CH_3OH + 3\,O = CO_2 + 2\,H_2O.$$

Angewandter Sauerstoff: 0,8 g; übrig gebliebener Sauerstoff nach der Reaktion: 0,016 g mal Anzahl verbrauchter ccm Thiosulfatlösung. Differenz = verbrauchter Sauerstoff im Ganzen (a). Zur Oxydation von Formaldehyd verbrauchter Sauerstoff: $\frac{32 \cdot \frac{\%\text{-Gehalt}}{100}}{30}$ (b).

Zur Oxydation von Methylalkohol verbrauchter Sauerstoff: a — b · Prozent Methylalkohol $= \frac{32\,(a - b) \cdot 100}{48}$. Ein anderes auf der Umsetzung des Formaldehyds durch Alkali im Methylalkohol und Ameisensäure bzw. ameisensaures Natron beruhendes Verfahren.[7])

Der *Ameisensäuregehalt* des Formaldehyds, der gewöhnlich zwischen 0,02—0,12% liegt, läßt sich durch Titration mit n/100 Lauge bestimmen.

Paraformaldehyd wird nach dem oben genauer beschriebenen Sulfitverfahren untersucht.

Ein gravimetrisches Verfahren durch Fällung des Formaldehyds mit Dimethylhydroresorcin (Dimedon) als Methylendimedon, $C_{17}H_{24}O_4$ beschreiben M. Jonescu und Corneliu Bodea.[8])

---

[1]) Mach, F., und Herrmann, R., Ztschr. f. analyt. Chem. **62**, 1923, 116, 130.

[2]) Ausführung Mach, F., und Herrmann, R., Z. f. analyt. Chem. **62**, 1923, 130.

[3]) Mach, F., und Herrmann, R., Z. f. analyt. Chem. **63**, 1923, 434.

[4]) Kühl, F., Chem. Ztrbl. 1922, IV, 693.

[5]) Kreis, H., und Wermuth, P., Schweizer Apoth. Ztg. **61**, 1923, 145—146, 223; Chem. Ztrbl. 1923, II, 1168.

[6]) Blank, O., und Finkenbeiner, H., Ber. d. Dtsch. Chem. Ges. **39**, 1906, 1326.

[7]) Ztschr. f. analyt. Chem. **39**, 1904, 63.

[8]) Jonescu, M., und Corneliu Bodea, Bull. soc. chim. France **47**, 1930, 1408; Chem. Ztrbl. 1931, I, 1487.

In großer Verdünnung lassen sich kleine Formaldehydmengen durch Kondensation mit β-Naphthol nachweisen sowie gravimetrisch oder titrimetrisch bestimmen (Fosse, Thomas und de Graeve).[1]) Über die Bestimmung von Formaldehyd in Präparaten mit verschiedenen organischen und anorganischen Beimengungen gibt O. Heim[2]) ein Verfahren an.

Blausäure und Zyanide

Die Bestimmung gasförmiger Blausäure bis herunter zu sehr geringen Konzentrationen ist durch ein von Wieland angegebenes, von Flury und Heubner[3]) beschriebenes Verfahren möglich, das auf der Umsetzung mit Jod in Gegenwart von Bikarbonat beruht:

$$HCN + 2\,J = JCN + HJ.$$

Eine handliche Apparatur dafür beschrieb Freymuth.[4]) Man saugt durch 0,1 n-, 0,01 n- oder 0,001 n-Jodlösung, die mit Stärke und Bikarbonat versetzt ist, die blausäurehaltige Luft und mißt das Volumen, das gerade zur Entfärbung notwendig ist. Bei HCN-Konzentrationen von 0,1—0,5 % genügen 10 ccm 0,001 n-Jodlösung, 1 ccm 1 %iger $NaHCO_3$-Lösung und 10 Tropfen 0,5 %iger Stärkelösung. In diesem Falle sind mg HCN/Liter = 135 div. durch verbr. Gasvolumen in ccm. Bei sehr geringen Konzentrationen saugt man entsprechend größere Mengen Luft durch entsprechend weniger Jodlösung.

Nach Durchgasung bewohnter Räume mit Blausäure muß ein Gasrestnachweis geführt werden. Von verschiedenen schnell verlaufenden und handlichen, jedoch nicht streng spezifischen Reaktionen[5]) gilt als brauchbarste die Benzidin-Kupferazetatreaktion, die Moir[6]), sowie Pertusi und Gastaldi[7]) eingehend geprüft haben. Unmittelbar vor Anstellung des Gasrestnachweises wird ein Fließpapierstreifen mit frisch bereitetem Reagenz getränkt. Dieses erhält man durch Mischen gleicher Teile von Lösung I (2,86 g Kupferazetat im Liter) und Lösung II (475 ccm bei Zimmertemperatur gesättigte Benzidinazetatlösung und 525 ccm Wasser). Das von der Deutschen Gesellschaft für Schädlingsbekämpfung (Degesch) benutzte Blausäurenachweisgerät enthält außer beiden Lösungen und dem notwendigen Gerät die Vergleichsfarbmuster. Die Gebrauchsanweisung schreibt vor, gleiche Mengen der Lösungen zu mischen, 6 Fließpapierstreifen mit der Mischung zu befeuchten, jeden Streifen in ein besonderes Glasrohr zu stecken und zuzustopfen. Man entnimmt zunächst einen der frisch bereiteten Streifen in dem zu prüfenden Raum, der übrigens vor der Prüfung mindestens 1 Stunde geschlossen sein muß, und beobachtet die nach 10 Sek. entstandene Blaufärbung. Da eine ganz leichte Blaufärbung häufig auch dann schon eintritt, wenn nur noch sehr geringe, für die menschliche Gesundheit ungefährliche Blausäurereste vorhanden sind, ist amtlich[8]) verfügt worden, in der vorgeschriebenen Ausrüstung ein Farbtäfelchen mit drei verschiedenen Farbmustern mitzuführen. Eine Freigabe der zum dauernden Aufenthalt dienenden Räume darf nicht erfolgen, sobald bei einer Einwirkungszeit von 10 Sek. die Verfärbung des Fließpapierstreifens den Farbton des am schwächsten gefärbten Musters noch übersteigt. Nach Durchgasung von zu gewerblichen Betrieben dienenden Räumen darf in 10 Sek. die Verfärbung des Streifens den Farbton des mittleren Musters nicht überschreiten. Die Farbtäfelchen liefern die Degesch, Frankfurt a. M., die Heerdt-Lingler G. m. b. H., Frankfurt a. M. und Tesch und Stabenow, Hamburg. Die Prüfung ist unter Bevorzugung der sog. Gefahrstellen (toten Winkel) an möglichst verschiedenartigen Stellen zu wiederholen.

---

[1]) Fosse, R., Thomas, P. E., und de Graeve, P., C. R. Séances Ac. Sci. **200**, 1935, 1450—54; **201**, 1935, 105—109; Chem. Ztrbl. 1935, II, 727; 1936, I, 1275.

[2]) Heim, O., Ind. Engin. Chem. Analyt. **1**, 1929, 128; Chem. Ztrbl. 1929, II, 1569.

[3]) Flury, F., und Heubner, W., Biochem. Ztschr. **95**, 1919, 253.

[4]) Freymuth, A., Chem. Ztg. **43**, 1919, 674.

[5]) Vgl. z. B. François, M. Th., et Lafitte, N. Bull. Soc. Chim. biol. **17**, 1935, 1088—96; Chem. Ztrbl. 1936, II, 1395.

[6]) Moir, J., Chem. Ztrbl. 1910, II, 688.

[7]) Pertusi, C., und Gastaldi, E., Chem. Ztg. **37**, 1913, 609.

[8]) Amtl. Pflanzenschutzbest. Bd. VI, 1934, S. 43.

Nach Sieverts und Hermsdorf[1]) erhält man die Blaufärbungen, die bestimmte Mengen Blausäure geben, bei Zimmertemperatur und bei 0° gleichmäßig gut. Ammoniak und Formaldehyd in nicht zu großen Mengen verhindern den Blausäurenachweis nicht. Bromessigester und Chlorkohlensäureester stören nach Sieverts und Rehm[2]) bei normaler Beobachtungszeit nicht. Durch oxydierende Gase in der Luft könnte Blausäure allerdings vorgetäuscht werden.

Die Bestimmung von Zyan in Natrium- und Kaliumzyanid erfolgt nach Journ. Assoc. off. agric. Chemists 10, 27; Chem. Ztrbl. 1927, II, 1378, indem 5 g pulverisierte Substanz im 500-ccm-Kolben in 200 ccm Wasser gelöst werden. Nach Zusatz von etwas $PbCO_3$ zur Fällung etwa vorhandenen Sulfidschwefels füllt man auf, filtriert und titriert 50 ccm Filtrat nach Zugabe von 200 ccm Wasser, 5 ccm 10%igem NaOH und 10 Tropfen gesättigter KJ-Lösung mit n/10-$AgNO_3$-Lösung bis zur schwachen Opaleszenz. 1 ccm Silberlösung = 5,202 mg CN.

Für die Chlorbestimmung in NaCN und KCN werden folgende Methoden angegeben.

1. 50 ccm der entschwefelten Lösung werden nach Verdünnen mit 50 ccm Wasser mit 1—2 ccm 40%igem Formalin versetzt und nach kräftigem Umrühren $\frac{1}{4}$ Stunde stehen gelassen. Darauf erfolgt Ansäuern mit 5 ccm HNO_3 (1 : 1), Zugabe eines gemessenen Überschusses n/10-$AgNO_3$-Lösung und nach gutem Umrühren Filtration und Auswaschen des Filters. Man titriert den $AgNO_3$-Überschuß mit n/10-Rhodanidlösung gegen Eisenalaunindikator und berechnet Cl aus angewandter Menge $AgNO_3$ weniger verbrauchte Menge Rhodanid.

2. 50 ccm der entschwefelten Lösung werden nach Verdünnen mit 50—100 ccm Wasser und Ansäuern mit Essigsäure im Wasserdampfstrom destilliert, bis mindestens 50 ccm Destillat übergegangen sind. Im Kolbenrückstand bestimmt man Cl wie unter 1.

Für die Bestimmung von CN und Cl in *Kalziumzyanid* füllt man in einen 500 ccm Meßkolben durch einen langen Trichter ohne Benetzung des Kolbenhalses 200 ccm Wasser und spült sehr schnell 5 g Substanz in den Kolben. Nach Umschütteln bis zur Lösung des Zyanids und Zersetzung etwa vorhandenen Kalziumkarbids werden 25 ccm Bleikarbonatzubereitung (20 g Bleiazetat gelöst auf 1 Liter und versetzt mit 200 g Cl-freiem Na_2CO_3) zugegeben. Nach halbstündigem Schütteln des verschlossenen Kolbens füllt man auf, filtriert durch ein trockenes Filter und bestimmt CN und Cl in je 50 ccm Filtrat nach Angabe unter NaCN und $KCN \cdot Ca(CN)_2 = \%\ CN \cdot 1{,}7702$.

Bicskei[3]) bestimmt das Zyan in Zyanidlösungen durch Versetzen mit 5—10 ccm n-NaOH und einem Überschuß von n/10-NaOCl-Lösung. Nach Zugabe von 1—2 g KJ säuert man mit verdünnter HCl an und titriert das ausgeschiedene Jod sofort mit n/10-Thiosulfatlösung. Eine n/10-NaOCl-Lösung wird durch 5—10 Min. langes Überleiten eines lebhaften Cl-Stromes über NaOH-Lösung, gutes Umschütteln und jodometrische Einstellung auf eine n/10-Thiosulfatlösung erhalten.

Nach der Assoc. Offic. Agric. Chemists, 2. Ed. 65, 1925 werden CN und Cl in löslichen Zyaniden durch Titration mit Silbernitrat bestimmt. 50 ccm 10%ige Lösung werden unter ständigem Schütteln mit 0,05 n-$AgNO_3$-Lösung tropfenweise bis zum Auftreten einer bleibenden Trübung titriert. Hiernach wird die Lösung mit einigen ccm 5%iger Kaliumchromatlösung versetzt und weiter mit 0,05 n-$AgNO_3$ bis zum Erscheinen des rotbraunen Niederschlages titriert. Die erste Titration gibt die Blausäure gemäß der Gleichung

$$2\,NaCN + AgNO_3 = NaCN \cdot AgCN + NaNO_3 \text{ (also } 1\,AgNO_3 = 2\,NaCN)$$

an. Die zweite Titration gibt HCN + HCl gemäß der Gleichung

$$NaCN \cdot AgCN + NaCl + 2\,AgNO_3 = 2\,NaNO_3 + 2\,AgCN + AgCl$$

wieder. Somit drückt die zweite Titration minus der ersten das anwesende Cl aus. Die Kaliumchromatlösung bereitet man sich durch Auflösen von 5 g Kaliumchromat in Wasser, Zugabe von Silbernitrat bis zum Auftreten des rotbraunen Niederschlages, Filtration und Auffüllen auf 100 ccm.

---

[1]) Sieverts, A., und Hermsdorf, A., Ztschr. f. angew. Chem. **34**, 1921, 3.

[2]) Sieverts, A., und Rehm, K., Ztschr. f. angew. Chem. **50**, 1937, 88—89.

[3]) Bicskei, J., Ztschr. f. anorg. allg. Chem. **160**, 1927, 271.

Zyanidbestimmung neben großen Mengen anderer Salze außer Ferrozyaniden ist durch einfache Destillation aus 0,35—0,6 n H_2SO_4 möglich.[1]) Bei der Destillation adsorbieren Gummi- und Korkteile Zyanionen. Die Stopfen müssen daher gut mit Zinnfolie umhüllt werden.[2])

Zur Bestimmung von Blausäureresten in Vorräten (Kakao, Weizen, Tabak) vgl. Lubatti.[3])

Organische Halogenverbindungen

Eine gut brauchbare Methode für die Halogenbestimmung in organischen Verbindungen beschreibt Busch[4]). Er reduziert katalytisch durch Kochen mit einem Pd-$CaCO_3$-Katalysator und Hydrazinhydrat in alkalisch-alkoholischer Lösung. Das gebildete Halogenion wird nach Volhard titriert. Die hydrolytische Spaltung allein mit Alkali[5]) bietet manchmal gewisse Schwierigkeiten. Chloroform oder Tetrachlorkohlenstoff (nicht Gemische beider) lassen sich jedoch durch Verseifen mit KOH gut bestimmen.[6])

Di- und Trichloräthylen sind nach Schmalfuß und Werner[7]) nebeneinander und neben gesättigten Verbindungen mit einer Lösung von 50 g $Hg(CN)_2$ und 23 g KOH in 200 H_2O nachweisbar, wenn man 4 ccm des zu prüfenden Gemisches 18—24 Stunden mit 4 ccm obiger Lösung schüttelt. Dichloräthylen liefert dabei weiße Tafeln, die sich abscheiden, Trichloräthylen ein in Lösung verbleibendes Öl.

Zum Nachweis des Chlorpikrins in Luft kann nach Deckert[8]) ein mit 5—10%iger benzolischer Dimethylanilinlösung getränktes Papier dienen, das durch Chlorpikrin gelb bis dunkelbraun wird. Zur Bestimmung wird ein gemessenes Volumen des Luftgemisches in einer Spiralwaschflasche durch Eisessig gesaugt, das absorbierte Chlorpikrin mit Fe reduziert und das Chlor nach Volhard bestimmt. Beim Überleiten über K_2CO_3, das auf 300—500° erhitzt ist, wird ebenfalls ionogenes Chlor gebildet, das nach Volhard titriert werden kann.

Phenole

Nachweisbar ist Phenol in Verdünnungen bis 1 : 2000000 mit Millons Reagens[9]), bis 1 : 7000 mit Chlorkalk[10]), bis 1 : 1000 mit neutralem Ferrichlorid (Landolt[10]), weiterhin noch durch zahlreiche mehr oder minder spezifische Farbreaktionen.

Zur quantitativen Bestimmung dient meist die Reaktion mit überschüssigem Brom, die zu Tribromphenol bzw. Tetrabrom-cyclohexadienon führt. Für die Ausführung der Methode sind zahlreiche auch teilweise für Kresole geltende Arbeitsweisen beschrieben worden.[11]) Über Nachweis, Bestimmung und Unterscheidung der verschiedenen Phenole vgl. den Sammelbericht in der Ztschr. f. analyt. Chem.[12]) Über die Bestimmung der Phenole in Teeröl s. S. 622.

---

[1]) Pagel, H. A., and Carlson, W., J. Am. Chem. Soc. **54**, 1932, 4487; Chem. Ztrbl. 1933, I, 820.

[2]) Morris, S., and Lilly, V. G., Ind. Eng. Chem., Anal. **5**, 1933, 407; Chem. Ztrbl. 1934, I, 1529.

[3]) Lubatti, O. F., J. Soc. chem. Ind., Trans. **45**, 1935, 275—282; Chem. Ztrbl. 1936, I, 621.

[4]) Busch, M., Angew. Chem. **38**, 1925, 519; **47**, 1934, 536.

[5]) Vgl. Weber, H. H., und Hauck, F., Chem. Ztg. **57**, 1933, 915; Iseng, Hu und Chiang, J. Chines. chem. Soc. **3**, 1935, 223—237; Chem. Ztrbl. 1936, I, 2785.

[6]) J. Ass. Off. agr. Chem. **10**, 45—56; Chem. Ztrbl. 1927, II, 1378.

[7]) Schmalfuß, H., und Werner, H., Z. f. anal. Chem. **97**, 1934, 314—317; Chem. Ztrbl. 1934, II, 2424.

[8]) Deckert, W., Ztschr. Hyg. u. Desinfektionskrankh. **109**, 1929, 485—490.

[9]) Almén, A., Jahrb. d. Chem. 1878, S. 1079.

[10]) Landolt, H., Ber. d. D. chem. Ges. **4**, 1871, 771.

[11]) Vgl. Beilstein, F., Handb. d. org. Chem. 4. Aufl. Bd. 6, 1922, S. 135; Lunge-Berl, Chem.-techn. Untersuch. Meth., 7. Aufl., Bd. III, 1923, 268; Z. f. analyt. Ch. 1911, 312 (gewichtsanalytisch); Järvinen, K. K., Z. f. analyt. Ch. **71**, 1927, 108; Ditz, H., Z. f. analyt. Ch. **77**, 1929, 186.

[12]) Z. f. analyt. Ch. **78**, 1929, 223.

Zur Bestimmung des Kresols in Kresolseifenlösung vgl. D. A. B. **6**, 395—397. Nach Kogan[1]) gibt das Verfahren des D. A. B. 6 zu hohe Werte, weil mit den Kresolen auch Kohlenwasserstoffe mitbestimmt werden. Kogan führt die fettsauren Alkalisalze bei Gegenwart von Äther in die Ba-Salze über, wobei Kresole und Kohlenwasserstoffe vom Äther gelöst werden. Bei größerem Gehalt an Kohlenwasserstoffen versetzt man die abgetrennte ätherische Lösung mit NaOH-Lauge und schüttelt mit H_2O aus. Aus der wässerigen Schicht werden die Kresole mit HCl ausgefällt und mit Äther aufgenommen. Von der ätherischen Schicht wird der Äther verjagt und der Rückstand bei 100° getrocknet und gewogen. Die Methode soll sich nur für Lysolersatzpräparate eignen. Bei Kreolin- und Ersatzpräparaten benutzt Kogan nach Ausfällung der Fettsäuren mit $BaCl_2$-Lösung die Dampfdestillation. Aus dem Destillat werden die Kresole in üblicher Weise von den Kohlenwasserstoffen getrennt und bestimmt.

Kaiser[2]) unterwirft Kresolseifenpräparate einer direkten Destillation unter Benutzung eines graduierten Rohres als Vorlage, wobei zwischen 100—125° H_2O und wenig Kresol und zwischen 205—206° die vorhandenen Kresole beinahe quantitativ übergehen. Über 210° darf nicht erhitzt werden. Von 125° ab erhöht sich die Temperatur auf 195 und 200° schnell. In diesem Temperaturintervall destilliert bei guten Präparaten nur sehr wenig. In der Vorlage wird das Gesamtvolumen abgelesen. Beim Aussalzen scheidet sich die Kresolschicht ab, so daß man den Wassergehalt durch Abzug der Kubikzentimeter Kresolschicht vom Gesamtdestillat erhält. Von 100 ccm Substanz soll die Kresolschicht mindestens 44—45 ccm, der Wassergehalt mindestens 10—13 ccm Wasser betragen. Aus einer bestimmten Menge des gewogenen Seifenrückstandes im Kolben lassen sich die Gesamtfettsäuren bestimmen.

Meyer[3]) gibt eine Ergänzung der Untersuchungsmethode des D. A. B. zwecks Feststellung übelriechender Trane und Öle.

Prüfungen von Kreosot auf Abwesenheit von Säuren, Kohlenwasserstoffen, hochsiedenden Holzteerbestandteilen und auf genügenden Gehalt an Guajacol und Kreosol gibt das D. A. B. **6**, 377 an.

Nitrophenole

Dinitro-o-Kresol, das für den Pflanzenschutz zurzeit wichtigste Nitrophenol, kann auch in Gemischen nach folgenden Verfahren bestimmt werden[4]):

2,00 *g* des Pflanzenschutzmittels werden mit 100,0 *ccm* 1 %iger Natronlauge in einer Schliffstopfenflasche bis zur völligen Benetzung und dann noch einige Minuten kräftig durchgeschüttelt. 10 *ccm* der filtrierten Lösung werden in einem 100 *ccm*-Schliffkölbchen mit 10 *ccm* konz. Salzsäure und nach Verdrängung der Luft im Kölbchen durch Kohlensäure rasch mit einem leichten Überschuß gestellter Titantrichloridlösung versetzt. Wenn 1 ccm Titantrichloridlösung 5,16 *mg* Fe entspricht, genügen 20—25 *ccm*. Man verbindet sofort mit einem Schliffaufsatz, der das Einleiten von Kohlendioxyd ermöglicht, und setzt auf dieses Zwischenstück einen eingeschliffenen Rückflußkühler. Sobald die Luft aus dem Kölbchen völlig durch Kohlendioxyd verdrängt ist, erhitzt man zum Sieden und hält 5—7 Min. am Kochen. Unter stetem Durchleiten von Kohlendioxyd kühlt man dann das Kölbchen rasch ab und gibt, sobald die Temperatur es gestattet, durch den Kühler etwas reinen, niedrigsiedenden (30 bis 50°) Petroläther, bis er nach anfänglichem lebhaften Aufsieden eine bleibende Schicht auf der Flüssigkeit bildet. Noch lauwarm wird nun mit der zum Einstellen der Titantrichloridlösung benutzten Ferrialaunlösung (etwa 40 *g* auf 1 *l*) zurücktitriert (Indikator Ammoniumrhodanid).

Man beachte, daß die Umsetzung einige Zeit in Anspruch nimmt und hüte sich vor dem Übertitrieren. An besten erwärmt man die zu titrierende Lösung, besonders gegen Ende der Umsetzung, in heißem Wasser, bis der Petroläther eben zu sieden beginnt.

Unerläßlich ist die Ausführung von Blindversuchen ohne Dinitrokresol mit genau gleicher Kochzeit und unter sonst gleichen Bedingungen. Der hierbei beobachtete Verbrauch an

---

[1]) Kogan, G., Pharm. Zentralhalle **69**, 1928, 536.

[2]) Kaiser, H., Süddtsch. Apoth. Ztg. **68**, 1928, 626; Chem. Ztrbl. 1928, II, 2047.

[3]) Meyer, W., Chem. Ztg. **53**, 1929, 43.

[4]) Fischer, W., Ztschr. f. anal. Chem. **112**, 1937, 91—96; Knecht, E., und Hibbert, E., Ber. Dtsch. Chem. Ges. **36**, 1903, 1549; **40**, 1907, 3819.

Titantrichloridlösung ist abzuziehen. 1 *ccm* Titantrichloridlösung, der 5,8 *mg* Fe äquivalent ist, zeigt 1,65 *mg* Dinitrokresol an. Insbesondere für die rasche Durchführung mehrerer Analysen eignet sich mehr das im folgenden beschriebene colorimetrische Schnellverfahren, das in zwei verschiedenen Formen ausgeführt werden kann.

A. Man neutralisiert 1 *ccm* der alkalischen, etwa 0,2—1,5 *mg* Dinitrokresol enthaltenden Lösung in einem Reagensglas mit n-Schwefelsäure, fügt das an 5 *ccm* fehlende Wasser, dann 5 *ccm* 40%ige Kaliumcyanidlösung (40 *g* reinstes KCN, auf 100 *ccm* auffüllen; höchstens 1 Tag haltbar) und 2 *ccm* Alkohol zu und schüttelt gut durch. Das Reagensglas kommt in ein Wasserbad von 20°. Nach genau 65 Min. wird mit Wasser auf 50, 100 oder 200 *ccm* aufgefüllt und hinter einem Grünfilter gegen einen unveränderlichen Standard oder am raschesten im lichtelektrischen Absolutcolorimeter gemessen.

Beliebig viele Ansätze lassen sich ohne Pause durchmessen, wenn sie mit einigen Minuten Zeitunterschied bereitet und alle in dasselbe Wasserbad von 20° gesetzt werden. In gleichen Abständen werden die Lösungen dann gemessen. Bei annähernd gleichen Farbtiefen brauchen die Küvetten nur kurz mit der zu messenden Lösung ausgespült zu werden. Diese Arbeitsweise eignet sich demnach für Reihenuntersuchungen.

B. Die Reaktionsmischung wird in die Küvette eines Colorimeters (Photometers) gefüllt und innerhalb der Zeit von 55 bis 70 Min. nach Ansetzen der Lösung mehrfach gegen einen unveränderlichen Standard oder absolut gemessen, um die größte Farbtiefe festzustellen. Am bequemsten ist bei derartigen Messungen stets ein lichtelektrisches Absolutcolorimeter.

Für die etwa 11 *ccm* fassende 10 *mm*-Küvette des Colorimeters nach Dr. B. Lange ist der gleiche Ansatz erforderlich wie unter A. Für genauere Messungen kann er 0,1—1 *mg* Dinitrokresol enthalten. Treten nach dem Mischen der Reagenzien Trübungen oder Niederschläge auf, so muß filtriert werden. Hierfür ist der doppelte Ansatz zweckmäßig. Man bringt die klare Mischung oder das Filtrat sofort in die Küvette und beginnt nach etwa 55 Min. mit den Messungen hinter einem Grünfilter.

Dieses Verfahren ist für größere Reihen von Untersuchungen wenig geeignet, gestattet aber wegen der hohen Farbkonzentration die Erfassung sehr kleiner Substanzmengen. Als Erfassungsgrenze kann etwa 0,01 *mg* Dinitrokresol angesehen werden, die man allerdings nur noch größenordnungsmäßig bestimmen kann.

Für beide Arbeitsweisen (A und B) sowie für jedes besondere Filter, jede Küvettenart usw. sind selbstverständlich getrennte Eichkurven anzulegen, mit deren Hilfe die Analysen ausgewertet werden.

Mineralöle

Mineralölpräparate mit Emulgatoren müssen vor der Analyse von diesen befreit werden. Dies gelingt durch Erwärmen mit verd. H_2SO_4, NaOH, Na_2CO_3, $Ba(OH)_2$ + NaOH und nötigenfalls nachfolgendes Zentrifugieren oder auch durch Ausschütteln mit wässerigem 50%igem Alkohol und Petroläther. Erwähnt sei, daß sich Öl-Wasser-Emulsionen für großtechnische Zwecke auch durch hochgespannte elektrische Felder entmischen lassen.

Bei seifenhaltigen Emulsionen wurde in USA. amtlich empfohlen[1]), die Emulsion in einer „Babcock" Flasche mit heißer verd. H_2SO_4 zu brechen und das Volumen der ausgeschiedenen Ölschicht zu bestimmen. Phenole und Fettsäuren werden hierbei miterfaßt und müssen in einem zweiten Ansatz für sich bestimmt werden. Hierzu wird die Emulsion mit Alkohol und NaOH gebrochen, das Neutralöl mit Petroläther-Benzin extrahiert und der Fettsäuregehalt im Alkoholauszug titriert. Verwendet man keine NaOH, sondern lediglich Alkohol, so verbleiben die Phenole im Benzinextrakt. Die Fett-(Naphthen-, Harz-)säuren können dann auch nach Entfernung des Alkohols durch Ansäuern und Ausäthern gravimetrisch als freie Säuren bestimmt werden. Als Grundlage für die Berechnung des Seifengehaltes dient Ölsäure.

Seifenfreie Emulsionen können auch durch andere, am besten von Fall zu Fall zu ermittelnde Stoffe entmischt werden[2]), Gummiemulsionen z. B. durch konz. NaOH, Emulsionen vom „Pickeringtyp" durch festes Na_2CO_3, andere wieder durch $Ba(OH)_2$ + NaOH. Für

[1]) J. Ass. Off. agr. Chem. **11**, 1928, 64.

[2]) Marshall, W. G., Spec. Bull. St. Calif. Dept. Agr. No. **94**. 1929.

Kaseinatemulsionen empfehlen Swingle und Snapp[1]), mit dem gleichen Volumen Äther und 20%iger NaOH im Scheidetrichter zu schütteln. Einmalige Extraktion soll vollauf genügen.

Zur Analyse von Emulsionen, welche leichtsiedende Kerosinanteile enthalten, sind nur Zentrifugiermethoden, dagegen keine Extraktionsmethoden anwendbar. NaOH zerstört Emulsionen im allgemeinen am raschesten, bereitet jedoch gewisse Schwierigkeiten, wenn die in 2%iger NaOH schwer löslichen Mineralöl-β-sulfonsäuren zugegen sind.[2]) Es bilden sich dann drei Schichten bei der Ätherextraktion, auch sind die extraktierten Öle noch leicht emulgierbar. Die Extraktion muß in diesen Fällen mit 0,1%iger NaOH wiederholt und die vereinigten Ätherauszüge schließlich mit 1%iger NaOH gewaschen werden.

Die Natur des isolierten Emulgators kann nach den unter den einzelnen Beistoffen beschriebenen Methoden ermittelt werden. Der Emulgator enthält Alkali, wenn die aus 10 g Vorratsemulsion erhaltene Asche, in Wasser gelöst und zur Absättigung von $Ca(OH)_2$ mit CO_2 behandelt, gegen Phenolphthalein alkalisch reagiert.

Die durch Entmischung der Emulsionen erhaltenen Öle lassen sich chemisch und physikalisch charakterisieren. Im folgenden werden nur die für den Pflanzenschutz wichtigeren Eigenschaften besprochen.

Chemische Daten

Die Prüfung auf sulfonierbare Bestandteile, der sog. *sulfonation test* gestattet, den Gehalt an Paraffinen und Naphthenen einerseits und an olefinischen und aktiven aromatischen Verbindungen andererseits zu bestimmen.[3]) 20 ccm 37 n-H_2SO_4 (also 100%) werden in kleinen Portionen zu 5 ccm Mineralöl in einem geeigneten Gefäß mit graduiertem Hals (Babcockflasche) gegeben. Das Gefäß wird zunächst in einem Eisbad und, nachdem die Steigerung der Temperatur aufgehört hat, in ein Wasserbad bei 100° 1 Stunde lang in Abständen von 10 Minuten geschüttelt. Darauf wird H_2SO_4 (spez. Gew. 1,84) zugegeben, bis der klare unsulfonierte Teil des Öls in dem graduierten Hals steht. Sodann wird zentrifugiert und der sulfonierte Teil des Öls berechnet.

Graham[4]) empfiehlt die Verwendung von 38 n-H_2SO_4 bei 60—65° C unter ganz bestimmten Bedingungen. Um die Herstellung der schwach rauchenden 38-n-Säure und gewisse Nachteile des Erhitzens auf 100° (z. B. starke Schwärzung) zu vermeiden, schlägt Martin[5]) die mildere Sulfonierung im Sulfurimeter mit dem doppelten Volumen konz. H_2SO_4 (spez. Gew. = 1,84), zunächst 2 Min. ohne äußere Wärmezufuhr, dann unter wenigstens 20maligem Umkehren des Sulfurimeters im siedenden Wasserbad vor.

Bei (Teer-)Ölen mit weniger als 50% unsulfonierbaren Stoffen können feste Ausscheidungen die Ablesung bei der Sulfurimetermethode erschweren. Man verdünnt das Öl in diesen Fällen mit dem gleichen Volumen unsulfonierbaren Benzins. Bei schwer erkennbarer Öl-Säuregrenze hilft nach Martin der Kunstgriff, vorsichtig etwas Wasser als Zwischenschicht zuzufügen.

Teeröle in Mineralölen können durch Schütteln mit den $1\frac{1}{2}$—2fachen Volumen Dimethylsulfat erkannt werden (s. Teeröle). Vgl. dazu die Kritik von Harrison und Perkin.[6])

Eine Methode zur Bestimmung des *Oxydationsgrades* der Öle hat Sligh[7]) beschrieben. Nach einer Mitteilung darüber von de Ong[8]) werden 10 g Öl in einer mit Sauerstoff gefüllten

---

[1]) Swingle, H. S., and Snapp, O. J., Techn. Bull. U. S. Dep. Agr. No. **253**, 1931.

[2]) Martin, H., Ann. appl. Biol. **22**, 1935, 399.

[3]) Marshall, W. G., Economic Poisons 1928—1929; Calif. Dept. Agr. Spec. Bull. **94**, 1929; Green, J. R., Chemical and physical properties of petroleum spray oils. J. of agric. Res. **44**, 1932, 773.

[4]) Graham, J. J. T., J. Ass. Off. agr. Chem. **10**, 1927, 124.

[5]) Martin, H., Ann. appl. Biol. **22**, 1935, 405.

[6]) Harrison, T. W., und Perkin, F. M., Analyst. **33**, 1908, 2.

[7]) Sligh, An oxydation method for measuring the stability of mineral oil. Proceed. Am. Soc. for testing materials **24**, II, 1924.

[8]) de Ong, E. R., Spezifications for petroleum oils to be used on plants. J. econ. Ent. **21**, 1928, 697—702.

Standardoxydationsflasche 2½ Stunden im Ölbad auf 300° erhitzt und nach dem Abkühlen mit Petroleumbenzin auf 100 ccm aufgefüllt. Nach 24 Stunden wird die ausgeschiedene Substanz abfiltriert und gewogen. De Ong hat die Methode abgeändert, indem er 50 ccm des oxydierten Öls mit 50 ccm 95%igem Alkohol und 50 ccm n/10 NaOH eine Stunde am Rückflußkühler kocht und die überschüssige Lauge mit n/10 HCl (Phenolphthalein) titriert.

Die *Bromabsorption* bestimmt de Ong im wesentlichen nach den Angaben von Scott[1]) und Allen[2]), die eine Modifikation der von Mc Ilhiney[3]) vorgeschlagenen Methode vorstellen. Man schüttelt 2 g Öl + 10 ccm Tetrachlorkohlenstoff bei 0° genau 1 Minute (Stoppuhr) mit einem nicht zu großen Überschuß (2—4 ccm) 0,33-n Br-CCl_4-Lösung, fügt sofort 25 ccm Wasser zu, schüttelt wieder ½ Minute, fügt nun 70 ccm Wasser und 5 ccm 60%ige KJ-Lösung zu und titriert das unverbrauchte Brom mit n/10 Thiosulfat. Der zur Substitution verbrauchte Anteil Brom kann aus der Titration der gebildeten Bromwasserstoffsäure erschlossen werden.

Die *Azidität* ist durch Titration von 10 g Öl in 50 ccm 95%igem Alkohol mit n/10 Alkali leicht zu bestimmen. Nach dem Vorschlag von Cross[4]) wird der Säuregehalt als Ölsäure berechnet.

Schwefel kann in leichteren Ölen (Leuchtölen) nach U. S. Government master specification for lubricants and liquid fuels, Washington 1927, S. 91 bei Abwesenheit von CS_2 durch Verbrennen einer bestimmten Ölmenge, Absaugen der Verbrennungsgase durch gestellte Sodalösung und Rücktitration mit HCl bestimmt werden. Öle, die schwerer als Leuchtöle sind, verbrennt man in der Sauerstoffbombe bei 35—40 Atm. Druck. Die gebildete Schwefelsäure wird als $BaSO_4$ gewogen.

Stickstoff läßt sich nach der gewöhnlichen Kjeldahlmethode in Proben von etwa 6 g bestimmen.

Der *Wassergehalt* in Erdölprodukten ist durch Destillation von 100 ccm Öl mit dem gleichen Volumen wasserfreiem Gasolin zu ermitteln.[5]) Man benutzt eine Spezialvorlage, bei der das Wasser in einem Blindsack aufgefangen wird, das überschüssige Lösungsmittel aber in den Destillationskolben zurückfließt.

Physikalische Daten

Zur Kennzeichnung der *Siedegrenzen* gibt man in Vol.-% an, welche Teile des Öles innerhalb bestimmter Temperaturen überdestillieren. Zur Fraktionierung empfiehlt sich der Englersche Kolben aus Glas; erwähnt seien noch der Kisslingsche Fraktionierapparat und der amtliche Apparat für zolltechnische Prüfung.[6])

Ein wichtiges Kennzeichen der Mineralöle ist die *Viskosität*. Als Normalapparat gilt in Deutschland das Viskosimeter von Engler, in USA. das von Saybolt, in England das Redwoodsche, während Rußland dasjenige von Lamansky-Nobel viel benutzt. Nach Ullmann[8]) hat das Englersche die meiste Aussicht, als internationaler Einheitsapparat eingeführt zu werden.

Das Engler-Viskosimeter besteht aus einem innen stark vergoldeten Ausflußgefäß mit einem von oben durch Holzstift verschließbaren Ausflußrohr aus Platin sowie dem Gefäß für die Erwärmungsflüssigkeit (je nach Bedarf Wasser, Mineralöl, Anilin, Nitrobenzol, Naphthalin). Bis zu 4 Markenspitzen wird das innere Gefäß mit dem zu prüfenden, vorher durch ein Sieb mit 0,3 mm Maschenbreite filtriertem Öl gefüllt (240 ccm). Als Auffanggefäß dient ein Meßkolben mit einer 200- und einer 240-ccm-Marke. Alle Abmessungen und Fehler-

---

[1]) Scott, W. W., Standard methods of chemical analysis. 2. Aufl. New York 1920.
[2]) Allen, A. H., Allen's commercial organic analysis. 4. Aufl. Philadelphia 1915.
[3]) Mc Ilhiney, J. Am. Chem. Soc. **16**, 1894, 275—278.
[4]) Cross, A handbook of petroleum, asphalt and natural gas. Kansas City Testing Lab. Bull. **25**, 1928.
[5]) U. S. Government master specification for lubricants and liquid fuels, S. 75.
[6]) Kissling, R., Laboratoriumsbuch der Erdölindustrie. 2. Aufl. 1923, S. 25.
[8]) Ullmann, F., Enzyklopädie d. techn. Chemie **4**, 1929, 594.

grenzen des Apparates sind für amtliche Eichung vorgeschrieben. Als Zähigkeitsgrad (Viskosität) ϑ wird der Quotient aus der Ausflußzeit O von 200 ccm Öl bei der Versuchstemperatur t und der Ausflußzeit w von 200 ccm Wasser bei 20° bezeichnet:

$$\vartheta = \frac{O_t}{w_{20°}}.$$

Unter Benutzung bestimmter Umrechnungskoeffizienten können auch kleinere Ölmengen (50 ccm) genommen werden. Die erhaltenen Werte E, Engler-Zahlen genannt, lassen sich mit Hilfe einer von Ubbelohde[1]) angegebenen Formel in spezifische Zähigkeiten umrechnen:

$$\vartheta_0 = s\left(4{,}072\,E - \frac{3{,}513}{E}\right),$$

worin ϑ_0 die spezifische Zähigkeit bezogen auf Wasser von $0° = 1$, s das spez. Gew. des Öles bei der Versuchstemperatur bedeuten.

Ein einfaches Kapillarviskosimeter mit hängendem Niveau für Petroleum beschrieb Ubbelohde[2]). Eine Zahlentabelle ermöglicht es, hiermit auch die empirischen Viskositätsgrade nach Engler, Saybolt und Redwood abzulesen.

Viel kürzer als beim Englerapparat sind die Messungen mit dem Kugelfallviskosimeter nach Höppler auszuführen.

Das Industriemodell des Höppler-Viskosimeters besitzt vor verschiedenen empirischen Viskosimetern die Vorzüge eines niedrigen Preises, großer Meßgenauigkeit und Angabe der Viskosität in absolutem Maß.[3]) Einflüsse der Oberflächenspannung und Verdunstung sind ausgeschaltet. Die Messungen können mühelos beliebig oft wiederholt werden.

Das in USA. allgemein benutzte Saybolt-Universalviskosimeter zur Bestimmung des Viskositätsgrades der Mineralöle besteht aus Metall; die Ölbehälter tragen oben ein Überlaufgefäß, unten ein schmales Ausflußrohr aus widerstandsfähigem Metall (bestem Stahl „Monel metal" usw.). Ausflußrohr: Innerer Durchmesser 0,1750—0,1780 cm, äußerer Durchmesser am unteren Ende 0,28—0,32 cm, Länge 1,215—1,235 cm, Höhe des Überlaufrandes über dem untersten Ende des Ausflußrohres 12,40—12,60 cm, äußerer Durchmesser des Überlaufrandes 3,20—3,30 cm, Durchmesser der Ölröhre 2,955—2,995 cm, Tiefe des zylindrischen Teils der Ölröhre 8,8 cm. Durchmesser der Ölröhre zwischen Boden des zylindrischen Teils und oberem Ende des Ausflußrohrs 0,9 cm. Das untere Ende des Ausflußrohres ist von einem weiteren Rohr umschlossen, das vor dem Ausfließen des Öls mit einem schnell abnehmbaren Kork verschlossen ist. Das zu prüfende Öl soll vor dem Füllen des Gerätes ein 100-Maschensieb durchlaufen. Der Aufnahmekolben faßt bei 20° C bis zur Marke $60 \pm 0{,}15$ ccm. Der innere Durchmesser des Kolbenhalses an der Marke ist 0,8—1,1 cm. Die Viskosität wird in Sekunden ausgedrückt, die zum Ablaufen von 60 ccm Öl benötigt werden. Es wird bei 100° F (37,8° C), 130° F (54,4° C) oder 210° F (98,9° C) gearbeitet. Unter 32 Sekunden liegende Messungen sind ungenau. Für die zu benutzenden Thermometer sind in USA. besondere Vorschriften erlassen.[4])

Die *Flüchtigkeit* der Öle, das unterscheidende Merkmal zwischen Kerosenen und lubricating oils, hängt mit den Siedepunktsintervallen und mit der Viskosität zusammen. De Ong[5]) bestimmt die Flüchtigkeit, indem er 3 inches (1 inch = 2,54 cm) im Quadrat messende Stücke Asbestpapier bestimmter Stärke mit 0,5 g Öl tränkt, bei bestimmten, je nach der Art des Öls zwischen 50 und 100° liegenden Temperaturen aufbewahrt und alle 24 Stunden wägt. Wenn 95—100% des Öls verdunstet sind, wird aus den Ablesungen eine Kurve konstruiert. Marshall[6]) beurteilt die Flüchtigkeit, indem er 1 g Öl in einer flachen Aluminiumschale

---

[1]) Ubbelohde, L., Chem. Ztg. **31**, 1907, 38.
[2]) Ubbelohde, L., Petroleum **29**, 1933, Nr. 23, 1—24; Chem. Ztrbl. 1933, II, 415.
[3]) Martin, U., Chem. Ztg. **57**, 1933, 723.
[4]) U. S. Government master specification for lubricants and liquid fuels, S. 41.
[5]) de Ong, E. R., J. econ. Ent. **21**, 1928, 697—702.
[6]) Marshall, W. G., Economic Poisons. Calif. Dept. Agr. Special Publ. 101. Vgl. Turner, N., J. econ. Ent. **24**, 1931, 901—904.

von 10 cm Durchmesser und 9 g Sand (abgesiebt mit einem 20—40-Maschensieb) gemischt bis 24 Stunden auf einem Wasserbad mit 8 cm Lochweite erhitzt und die Gewichtsabnahme feststellt.

Emulgierbarkeit von Ölen und *Emulsionsbeständigkeit* von Emulsionen werden nach dem U. S. Bureau of Standards Bull. **86**, 1917[1]) durch die Herschelsche Probe (Herschels demusibility test) gemessen. 27 ccm Öl und 53 ccm destilliertes Wasser werden in einem graduierten 100-ccm-Zylinder bei 130° bzw. 180° F (55° C bzw. 82,5 ° F) 5 Min. lang lebhaft (1500 Umdrehungen pro Min.) gerührt. In bestimmten Zeitabständen wird nun die abgesetzte Ölschicht gemessen. Die in der Zeiteinheit ausgeschiedene Menge Öl steigt bis zu einem Maximum, um dann zu sinken. Dieser Maximalwert, umgerechnet in ccm je Stunde, wird als „demusibility" bezeichnet. Mit dem gleichen Apparat kann auch die Beständigkeit emulgatorhaltiger Emulsionen gemessen werden.

Methoden zur Bestimmung der nach Spritzungen *auf den Blättern zurückgehaltenen Ölmengen* sind mehrfach beschrieben worden. English[2]) sammelt das Öl mit Äther und mißt in einer Babcockflasche in einer heizbaren Zentrifuge. Dawsey und Haas[3]) verfeinerten die Methode durch Abtrennung der mitgelösten Wachse und Pflanzenöle von den Mineralölen. Swain und Green[4]) fanden unter den Lösungsmitteln Äther, Petroläther, Heptan und Methylenchlorid letzteres am geeignetsten. Es gestattet rasches Auflösen der Ölschicht, ohne die Wachsschicht anzugreifen. Zur Erkennung von Ölfilmen und raschen Schätzung der Ölmenge empfehlen sie das Einstäuben mit Schwefelblumen nach bestimmter Vorschrift.

Rohrbough[5]) beschreibt den mikroskopischen Nachweis von in Citrusgewebe eingedrungenen Mineralölen durch Färbung der Schnitte.

Teeröle

Für die Prüfung von Obstbaumkarbolineen auf Übereinstimmung mit den festgelegten Normen (Wortlaut s. S. 486—487) wurde von der Biologischen Reichsanstalt im Jahre 1930 folgende heute nicht mehr gültige Anweisung herausgegeben[6]):

Für die Prüfung nach Punkt 1 und 2 der Normen erübrigen sich Ausführungsangaben. Die Prüfung nach Punkt 3 und 5 erfolgt durch die Bestimmung

a) der Kohlenwasserstoffe und sonstigen ätherlöslichen, neutralen Bestandteile,
b) der organischen Basen und
c) der sauren Öle.

a) Bestimmung der *Kohlenwasserstoffe* und sonstigen ätherlöslichen, neutralen Bestandteile.

50 g des Obstbaumkarbolineums werden mit 100 ccm 10%iger Natronlauge und 500 ccm Wasser kräftig durchgeschüttelt, dann dreimal mit je 300—500 ccm Äther ausgeschüttelt, die vereinigten ätherischen Auszüge mit 250 ccm 4%iger Salzsäure durchgeschüttelt und von der salzsauren, wässerigen Lösung getrennt. Man trocknet die ätherische Lösung mit gepulvertem, wasserfreiem Natriumsulfat und destilliert den Äther auf dem Wasserbade ab. Der verbleibende Rückstand wird gewogen. Sein Gewicht gibt den Gehalt des Karbolineums an Kohlenwasserstoffen und neutralen Bestandteilen, das Doppelte dieses Gewichts den Prozentgehalt des Karbolineums an diesen Stoffen an.

b) Bestimmung der *organischen Basen.*

Die durch Ausschütteln der ätherischen Auszüge mit 4%iger Salzsäure erhaltene wässerige Lösung wird mit überschüssiger verdünnter Natronlauge alkalisch gemacht und mit Äther ausgezogen, der ätherische Auszug mit entwässertem Natriumsulfat getrocknet und der Äther abdestilliert. Der Rückstand gibt die Menge der organischen Basen an.

---

[1]) Vgl. U. S. Government master specification for lubricants and liquid fuels, S. 84.
[2]) English, L. L., J. Agr. Res. **41**, 1930, 131—133.
[3]) Dawsey, L. H., and Haas, jr. A. J., J. Agr. Res. **46**, 1933, 41—49.
[4]) Swain, A. F., and Green, D., J. econ. Ent. **26**, 1933, 1021—1030.
[5]) Rohrbough, Plant Physiol. **9**, 1935, 699—730.
[6]) Houben, J., Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzdienst **10**, 1930, 2.

c) Bestimmung der sauren Öle *(Phenole)*.

Die nach a) mit Äther ausgeschüttelte wässerig alkalische Lösung wird durch Erwärmen auf dem Wasserbade vom größten Teile der in ihr gelösten Ätheranteile befreit, sodann mit 150 ccm einer Lösung versetzt, die im Liter 244 g kristallisiertes Bariumchlorid ($BaCl_2 + 2H_2O$) enthält. Ist der entstehende Niederschlag fest und die überstehende Flüssigkeit klar geworden, was bald kürzere, bald längere Zeit (bis zu 24 Stunden) erfordert, so wird filtriert und, ohne den Niederschlag auszuwaschen, das Filtrat mit überschüssiger Salzsäure angesäuert, mit Äther ausgezogen und der ätherische Auszug mit Natriumsulfat getrocknet. Der Äther wird abdestilliert. Das Gewicht des Rückstandes gibt die Menge der sauren Öle an.

Der Gehalt an *Kohlenteeröl* ergibt sich als Summe der zu a), b) und c) erhaltenen Grammgewichte der Kohlenwasserstoffe, organischen Basen und sauren Öle, der Prozentgehalt an Kohlenteeröl als das Doppelte dieser Summe.

Zur Prüfung nach Punkt 3 der Normen werden die zu a), b) und c) erhaltenen Mengen der Kohlenwasserstoffe, organischen Basen und sauren Öle in einen 100 ccm fassenden Normal-Engler-Destillierkolben zusammengegeben und gewogen, alsdann destilliert. Sobald das Thermometer 270° übersteigt, wird die Destillation abgebrochen, das Destillat und der Rückstand im Kolben gewogen. Ersteres darf nicht mehr als höchstens 80 % des eingewogenen Kohlenteeröls wiegen, letzterer nicht weniger als 20 %.

Genauere Vorschriften über die Ausführung der Untersuchung im einzelnen zu geben, so etwa bezüglich der Schnelligkeit der Destillation bei der Prüfung nach Punkt 4, ist vermieden worden. Es sollte dem die Untersuchung ausführenden Chemiker die Möglichkeit gewahrt bleiben, nach eigenem Urteil der jeweiligen Sachlage in geeigneter Weise Rechnung zu tragen. Zur Analysengenauigkeit vgl. L. und J. Deshusses.[1])

Rascher als die beschriebenen Verfahren arbeiten die seit November 1936 gültigen Prüfverfahren für Obstbaumkarbolineen und Baumspritzmittel (Teerölemulsionen) auf Übereinstimmung mit den Normen.[2]) (Das Verfahren unter II wurde von H. Mallison ausgearbeitet.):

I. Obstbaumkarbolineum

„50 g Obstbaumkarbolineum schüttelt man im Scheidetrichter mit 250 ccm Petroläther und 80 ccm 45 %igem Alkohol kräftig durch, trennt und wiederholt das Ausschütteln der oberen Schicht mit 50 und 35 ccm 45 %igem Alkohol. Die vereinigten Alkoholauszüge (a) werden drei- bis viermal mit insgesamt etwa 200 ccm Äther geschüttelt. Anzahl der Schüttelungen und Menge des Äthers richten sich nach der Färbung der letzten Ätherschicht, die nur noch hellgelb gefärbt sein darf. Schwierigkeiten in sehr mangelhafter Trennung der Schichten lassen sich durch Zugabe von wenig Kochsalz beseitigen. Man vereinigt die Petroläther- und Ätherauszüge, wäscht mit dem gleichen Volumen Wasser (b), trocknet die obere Schicht mit wasserfreiem Natriumsulfat und verjagt das Lösungsmittel zunächst auf dem Wasserbad und später durch stärkeres Erhitzen, bis ein eingetauchtes Thermometer 120° zeigt. Danach wird eine halbe Minute lang unter Bewegen Luft durch den Kolben gesaugt. Den Rückstand wägt man als Teeröl (c).

10 ccm des Teeröls werden mit 15 ccm Dimethylsulfat (giftig!) in einem schmalen 25-ccm-Schüttelzylinder 1—2 Min. lang kräftig geschüttelt. Die Menge des in Dimethylsulfat löslichen Teeröls stellt man nach deutlicher Trennung der Schichten in 1—2 Tagen fest.

Das restliche Teeröl (c) destilliert man aus einem Englerkolben und wägt die Fraktion bis 270°. Bei der Feststellung des Prozentgehaltes des Obstbaumkarbolineums an Teeröl, bis 270° siedend, ist die vorherige Entnahme von 10 ccm Teeröl zu berücksichtigen.

Die Fraktion bis 270° wird mit dem gleichen Volumen Natronlauge (spez. Gew. 1,1) kräftig durchgeschüttelt. Nach der Trennung, die sich bei undeutlicher Schichtenbildung nach Zugabe von Xylol schärfer einstellt, wird die Menge der Phenole aus der Volumenzunahme der Natronlauge bestimmt, wobei wiederum die vorherige Entnahme von 10 ccm Teeröl zu berücksichtigen ist. Das entphenolte Teeröl (d) kann zur Bestimmung der Basen dienen.

Zur Wasserbestimmung werden 50 g Obstbaumkarbolineum mit 50 ccm Xylol bis 200° destilliert. Es kann auch ein Gerät gemäß DIN DVM 3656 benutzt werden.

---

[1]) Deshusses, L. u. J., Helv. Chim. Acta **15**, 1932, 1030—1048.

[2]) Hilgendorff, G., Nachr. -Blatt f. d. D. P. D. **16**, 1936, 108.

Die Bestimmung der Emulgatoren und der organischen Basen erübrigt sich. Man kann die Emulgatoren dadurch erhalten, daß die mit Äther ausgeschüttelten Alkoholauszüge (a) nach Zugabe des Wasserauszuges (b) mit Salzsäure angesäuert und ausgeäthert werden. Die Ätherschicht wäscht man mit Wasser, trocknet mit wasserfreiem Natriumsulfat und destilliert den Äther ab. Rückstand (Fettsäuren) × 1,1 = fettsaures Kali = Emulgator. Die organischen Basen können durch Ausschütteln des Teeröls (d) mit 20%iger Schwefelsäure ermittelt werden.

II. Baumspritzmittel (Teerölemulsion)

200 g Baumspritzmittel werden in einem starkwandigen Becherglas mit 30 ccm 25%iger Salzsäure verrührt. Nach Zugabe von 100 ccm Benzol wird nochmals gut durchgerührt. Man läßt 10 Minuten stehen, damit der harzig ausfallende Emulgator sich am Boden absetzen kann. Das obenauf schwimmende Teeröl-Benzol-Gemisch und das salzsaure Wasser gießt man zur nachträglichen Trennung in einen Scheidetrichter. Der am Boden des Becherglases haftende Emulgator wird zwei- bis dreimal mit je 50 ccm Benzol überschichtet und mit einem Glasstab, dessen unteres Ende abgeplattet ist, durchgeknetet.

Die Benzolauszüge werden im Scheidetrichter vereinigt; das unten abgesetzte saure Wasser wird abgezogen und das Teeröl-Benzol-Gemisch zur Entfernung der Mineralsäure zweimal mit je 100 ccm Wasser gewaschen. Da beim Abgießen der Benzollösung kleine Teilchen des Emulgators mit übergegangen sein können, wird die Benzollösung filtriert und mit wasserfreiem Natriumsulfat getrocknet.

Man destilliert aus einem gewogenen Destillierkolben das Benzol vorsichtig, gegebenenfalls unter Verwendung einer mitgewogenen kleinen Perlkolonne ab, bis das aufgesetzte Thermometer, dessen Quecksilberkugel sich dicht unter dem seitlichen Ansatzrohr des Destilliergerätes befinden muß, 120° anzeigt. Im Destilliergerät verbleibt als Rückstand das Teeröl, das gewogen wird. Zum Ausgleich unvermeidlicher analytischer Verluste wird der gefundene Wert um 10% erhöht.

Das unter 270° siedende Teeröl, die Phenole, die in Dimethylsulfat löslichen Bestandteile und das Wasser werden nach Prüfverfahren I bestimmt.

Der Gehalt an Emulgator ergibt sich aus der Differenz zwischen Teeröl und Wasser.[1])

Zur Erkennung und Bestimmung eines Gehaltes an Mineralölen oder *Braunkohlenteerölen* in Steinkohlenteerölen ist das Ausschütteln mit Dimethylsulfat und der sog. „sulfonation test" geeignet. Da sich nur Steinkohlenteeröle in Dimethylsulfat restlos lösen, Braunkohlenteeröle infolge ihres Naphthen- und Paraffingehaltes nur teilweise, Mineralöle aber fast gar nicht, zeigt ein beim Schütteln des Öles mit der anderthalbfachen Menge Dimethylsulfat ungelöst bleibender Teil die Anwesenheit von Braunkohlenteer- oder Mineralölen an. Ältere Proben Dimethylsulfat sind unzuverlässig.[1]) Nach Lunge-Berl[2]) sind Braunkohlenteeröle zu 15—20%, Petrolöle zu 0—7% in Dimethylsulfat löslich.

Beim „sulfonation test" (Ausführung siehe Mineralöle, S. 618) werden ebenfalls nur Steinkohlenteeröle völlig gelöst. Beide Proben haben mehr qualitative als quantitative Bedeutung, weil die Werte der beiden Methoden zum Teil beträchtlich voneinander abweichen.

Zur Ermittlung der Emulsionsbeständigkeit gegen hartes Wasser titrieren Beran und Watzl[3]) 100 ccm der 10%igen Emulsion der Karbolineen mit n/10 $MgCl_2$-Lösung. Der Umschlag der anfangs weißlichen Farbe nach bräunlich bezeichnet den Endpunkt der Titration.

Ausführliche Vorschläge für die vollständige Analyse von Teeröl-, Mineralöl- und gemischten Präparaten macht auch Martin.[4])

Naphthalin

Zur Prüfung auf Reinheit kann die Bestimmung des Schmelz- bzw. Erstarrungspunktes (mindestens 79,6°) dienen. Die Lösung in warmer konz. Schwefelsäure darf nur rosa oder schwach rötlich gefärbt sein und darf sich beim Verdünnen mit Wasser nicht trüben.

[1]) Martin, H., Ann. appl. Biol. **22**, 1935, 402.
[2]) Lunge-Berl, 7. Aufl., 1923, III, 241.
[3]) Beran, F., und Watzl, O., Z. angew. Ent. **20**, 1933, 382—414.
[4]) Martin, H., Ann. appl. Biol. **22**, 1935, 397—406.

Zur quantitativen Bestimmung erhitzt man mit wässeriger n/20-Pikrinsäurelösung und titriert die überschüssige Pikrinsäure mit n/10-Barytlösung und Lakmoid[1]). Die Bestimmung in Gemischen, z. B. Teerölen[2]) oder Mineralölen[3]), beruht auf Pikratfällung. Auch in Luft kann man Naphthalin durch Überführung in das Pikrat bestimmen.[4])

Nikotin

Seitdem Schlösing im Jahre 1847 eine Methode zur Bestimmung des Nikotins veröffentlichte, sind zahlreiche Fällungs-, titrimetrische, polarimetrische und Kombinationsmethoden beschrieben worden. In erster Reihe sind die Arbeitsweisen von Kissling, Bertrand und Javillier, Keller, Tóth, Chapin, König, Mach, Rundshagen, Frank und Pfyl zu nennen. Rasmussen und später Heiduschka haben verschiedene Methoden auf Grund eingehender Untersuchungen kritisch gewürdigt. Heiduschka[5]) bezeichnet die Methode Rasmussens als die exakteste, während er für vergleichende Bestimmungen die praktisch genügend zuverlässige, schnell und billig auszuführende Tóthsche Methode in der Rundshagenschen Abänderung[6]) empfiehlt.

Die Methode Rasmussens[7]) lautet: 10 g trockenes *Tabakpulver* werden in einem Porzellanmörser mit 8 ccm NaOH-Lauge (15,0 g NaOH in 100 ccm 30%igem Alkohol) durchgearbeitet, quantitativ in eine weithalsige Stöpselflasche gebracht und mit je 50 ccm Äther und Petroläther 5 Stunden lang unter häufigem Schütteln extrahiert. Die Flüssigkeit wird darauf durch ein mit einer Glasplatte bedecktes Faltenfilter nach Entfernung der zuerst durchlaufenden 10 ccm filtriert. 50 ccm Filtrat werden in einem Scheidetrichter mit kurz und schräg abgeschnittenen Stiel 3 mal mit je 25 ccm 1%iger HCl je etwa 5 Min. lang ausgeschüttelt und die vereinigten salzsauren Auszüge mit 10 ccm 12%iger wässeriger Kieselwolframsäure versetzt. Durch weitere Zugabe einiger Tropfen des Fällungsmittels überzeugt man sich von der Vollständigkeit der Fällung. Nach 10stündigem Stehen wird der Niederschlag entweder in einem zuvor in einem Wägeglas gewogenen Goochtiegel oder auf einem gewöhnlichen quantitativen Filter gesammelt, mit 1%iger HCl ausgewaschen, bis das Filtrat nicht mehr mit verdünnter Nikotinlösung reagiert. Den Goochtiegel trocknet man bei 120° bis zur Gewichtskonstanz (etwa 1 Stunde). Die Wägung nimmt man stets im Wägeglas vor. Das Gewicht des Niederschlages $(C_{10}H_{14}N_2) \cdot 2H_2O \cdot 12\,WO_3 \cdot SiO_2$ mit 2,024 multipliziert ergibt den Nikotingehalt des Tabakpulvers. Bei Verwendung eines gewöhnlichen Filters wird dieses für sich verascht, darauf das Silicowolframat zugegeben und nach viertelstündigem Glühen auf dem Bunsenbrenner sowie 6 Min. langem Erhitzen über rauschendem Teklubrenner und Abkühlen gewogen. Der Glührückstand mit 2,28 multipliziert ergibt den Nikotingehalt des Tabakpulvers. *Tabakextrakt* läßt sich nach dieser Methode wie folgt untersuchen: 3—4 g werden in einer Stöpselflasche auf 1 mg genau abgewogen. Danach versetzt man mit 5 cm der genannten NaOH Lauge, 5 ccm Wasser sowie je 25 ccm Äther und Petroläther. Nach 5stündigem Ausziehen unter lebhaftem Schütteln wird filtriert und mit 25 ccm Filtrat obigen Angaben gemäß verfahren. Ammoniak, das bei Titrationsbestimmungen störend wirkt, ist bei dieser Bestimmung bedeutungslos.

Für die Tóthsche Methode[8]) hat H. Rundshagen[9]) folgende Arbeitsweise vorgeschlagen: 10 g zuvor getrocknetes *Tabakpulver* werden in einer Porzellanschale mit 2 g pulverförmigem Kalkhydrat ($Ca(OH)_2$) durchgemischt und dann mit Wasser gut durchfeuchtet. Im Verlauf von 15 Min. verreibt man den Brei mehrmals innig, um das Nikotin zu entbinden. Unter weiterem dauerndem Rühren mit einem Spatel wird so viel gebrannter Gips hin-

---

[1]) Küster, Ber. d. Dtsch. Chem. Ges. **27**, 1894, 1101.
[2]) Küster, Chem. Weekbl. **30**, 1933, 519.
[3]) Küster, I. Ass. off. agric. chem. **17**, 1934, 308.
[4]) Hartzell, A., and Wilcoxon, F. J., Econ. Entom. **23**, 1930, 608—18.
[5]) Heiduschka, A., Pharmaz. Zentralhalle **68**, 1927, 337, 353, 369.
[6]) Rundshagen, H., Chem. Ztg. 50, 1926, 42.
[7]) Rasmussen, H. B., Z. f. analyt. Ch. 55, 1916, 81.
[8]) Tóth, J., Chem. Ztg. 25, 1901, 610
[9]) Rundshagen, H., Chem. Ztg. 50, 1926, 42.

zugegeben, daß alles beim Zerdrücken mit einem Pistill in ein homogenes Pulver zerfällt. Den Inhalt der Schale führt man unter Nachspülen mit Gips in einen Kjeldahlkolben über. Dem Gemenge entzieht man das Nikotin mit einer Mischung von 50 ccm Äther und 50 ccm Petroläther bzw. Toluol. Nach dem Zusatz der Extraktionsflüssigkeit schließt man das Gefäß sofort dicht zu und schüttelt 15 Min. lang im Schüttelapparat. Man zentrifugiert und gießt einen Teil der Mischung durch ein Filter und titriert dann eine gemessene Menge, mit nicht ganz dem gleichen Volumen Wasser versetzt, Jodeosin als Indikator benutzend, mit n/10-H_2SO_4. Die Frage, ob etwa im Untersuchungsmaterial anwesendes Ammoniak hierbei belanglos, ist umstritten (Rasmussen l. c. 114). Zur Kontrolle kann man in Zweifelsfällen das Nikotin noch polarisieren. Das Äther-Petrol-Äthergemisch wird dann durch Toluol ersetzt. Nach dieser Methode erhält man bei Toluol als Lösungsmittel völlig klare leicht polarisierbare Lösungen.

Auch mit Hilfe der Kieselwolframsäuremethode ist die Titration des Nikotins möglich.[1])

Von dem Verband landwirtschaftlicher Versuchsstationen im Deutschen Reiche sind nach Untersuchungen von Mach[2]) folgende Verfahren (a und b) zur Bestimmung des Nikotins in Tabakextrakt vereinbart worden:

a) *Kieselwolframsäuremethode.* Man bringt 10 g des sorgfältig durchmischten Tabakextraktes in einen geräumigen Kissling- oder Kjeldahlkolben, verdünnt bis zur Dünnflüssigkeit mit 10—15 ccm Wasser, gibt 10 ccm 50 %iges NaOH sowie etwas Paraffin hinzu und destilliert unter Verwendung eines Kugelaufsatzes und eines Liebigschen Kühlers im Wasserdampfstrom. Die Flüssigkeitsmenge im Destillationskolben, der durch eine Kochflamme zu erwärmen ist, soll sich während der Destillation nicht wesentlich ändern. Als Vorlage dient ein mit 50 ccm 10 %igem HCl beschickter Literkolben. Der Vorstoß des gut wirkenden Kühlers muß in die Säure eintauchen und der Wasserdampf besonders zu Beginn der Destillation zur völligen Absorption der Nikotindämpfe langsam eingeleitet werden.

Bei stark schäumenden Extrakten sind einige Kubikzentimeter Chlorkalziumlösung zuzugeben.

Sind nahezu 1000 ccm abdestilliert, fällt man das Nikotin aus 100 ccm des auf 1 l aufgefüllten Destillats (bei mehr als 10 % Nikotin enthaltenden Extrakten nimmt man besser 50 ccm) mit 10 ccm 10 %iger Kieselwolframsäure, rührt $\frac{1}{2}$ Stunde, filtriert durch einen Asbestgoochtiegel, wäscht mit 0,5 %iger HCl, bis das Filtrat nach Zugabe einer nicht zu kleinen Messerspitze Zinkstaub nicht mehr blau wird, glüht 10 Min. kräftig und wiegt als $SiO_2 \cdot 12WO_3$. Das Gewicht des Niederschlags, mit 0,1139 multipliziert, ergibt die Nikotinmenge.

b) *Polarisationsmethode.* Man verreibt 20 g Extrakt in einer glasierten Porzellanschale mit 4 ccm NaOH Lauge (1 : 1) und ausgeglühtem Seesand zu einer halbtrockenen Masse, mischt so viel gebrannten Gips hinzu, daß ein nahezu trockenes Pulver entsteht und bringt dieses Pulver in eine mit Glasstöpsel versehene Flasche (Schüttelzylinder). Die Schale spült man mit Sand und Gips nach. Zu dem Pulver gibt man eine Messerspitze (etwa $\frac{1}{2}$ g) Tierkohle und 100 ccm Toluol, verschließt gut, überbindet nötigenfalls mit Pergament und läßt 2—3 Stunden unter wiederholtem Schütteln einwirken oder schüttelt die Flasche 1 Stunde im Rotierapparat. Nach dem Absetzen filtriert man 30—40 ccm durch ein trockenes, in bedeckt zu haltendem Trichter befindlichem Filter und polarisiert die Lösung im 200-mm-Rohr. Die abgelesene Drehung (Schmidt-Haensch), durch 3,40 dividiert, ergibt die Nikotinmenge in g in 100 ccm Flüssigkeit. Da das Nikotin sich ohne Volumenänderung in Toluol löst, ist eine Korrektur nach der Formel $x = \frac{100\,y}{100 - y}$ anzubringen, worin y die gefundenen Gramme Nikotin in 100 ccm Lösung bedeutet. $x \times 5 =$ Prozentgehalt des Extraktes an Nikotin.

Zu diesem Polarisationsverfahren bemerkt Mach, daß bei erheblichen Abweichungen zwischen diesem und dem Kieselwolframsäureverfahren, die auf optisch inaktives Nikotin zurückzuführen sind, noch eine dritte titrimetrische Bestimmung oder ein anderes Fällungs-

---

[1]) Kasansky, B., Ztschr. f. anal. Chem. **83**, 1931, 107; Wakeham, G., Chemist Analyst **19**, 1930, 8.

[2]) Mach, F., Landw. Versuchsstat. **95**, 1919, 40; **97**, 1921, 164; Ztschr. f. angew. Chem. **37**, 1924, 91; König, J., Unters. landw. u. landw. gewerbl. wichtiger Stoffe. 5. Aufl., Bd. **2**, 1926, S. 283, 874.

verfahren heranzuziehen ist. Hierfür ist vor allem das Pikrolonsäureverfahren von Matthes und Rammstest[1]) zu empfehlen.

Dem vorstehenden Polarisationsverfahren ist die spezifische Drehung von 170° zugrunde gelegt. König[2]) gibt für reine Lösungen in Benzol 174°, in Toluol 177°, in Xylol 181° an und empfiehlt, bei Analysen für Lösungen in Benzol 167°, in Toluol 170°, in Xylol 173°. In einer späteren Arbeit[3]) macht er weitere Angaben über die Umrechnung der abgelesenen Drehungswerte. Rasmussen fand für Nikotin in Toluol $[\alpha]_D = 166°$.

L. Frank[4]) gibt folgendes Verfahren an. 10 g gut zerkleinerter u möglichst gepulverter Tabak werden in einem Schüttelzylinder von 250 ccm Inhalt nach A. Röhrig, der zwischen den Teilstrichen 60—70 ccm ein angeschmolzenes Ablaßrohr mit Hahn aufweist, nach Zusatz von 10 ccm 20%igem KOH mit 100 ccm Äther und 100 ccm Petroläther $\frac{1}{4}$ Stunde lang kräftig geschüttelt. Das Schütteln wird öfter wiederholt und hierauf die Mischung einige Stunden bzw. zum Absetzen über Nacht stehen gelassen. Man entnimmt aus dem Ablaßrohr 100 ccm vollständig klaren Extrakt, filtriert ihn über vorher ausgeglühtes wasserfreies Natriumsulfat, wäscht mit trockenem Äther nach und destilliert den Äther-Petroläther ab. Der meist grün gefärbte Rückstand wird mit kaltem Wasser geschüttelt. Die wässerige Lösung filtriert man nach einigem Stehen und titriert die filtrierte Lösung, die meist farblos, zuweilen etwas getrübt ist, mit n/10-HCl (Indikator Kongorot). Beim Vergleich dieser Methoden mit den Verfahren von Kiessling, Keller und Rundshagen wurden gleiche Ergebnisse erzielt.

B. Pfyl und Ottilie Schmitt[5]) haben ein Verfahren ausgearbeitet, nach dem die flüchtigen Basen des Tabaks mit Wasserdampf abgetrieben und das Nikotin in der Vorlage als Dipikrat gefällt wird. Pyridin und eine Reihe anderer Basen fallen hierbei nicht mit aus. Die Pikrinsäure des Dipikrats wird bei Gegenwart von Toluol vermittels Phenolphthalein und darauf die vom Toluol aufgenommenen freien Basen vermittels Jodeosin titriert. Im ersten Fall wird genau die doppelte Anzahl ccm n/10-Lauge verbraucht wie im zweiten Fall ccm n/10-Säure. Für die Wasserdampfdestillation benutzen Pfyl und Schmitt einen Destillationskolben von 500 ccm Inhalt, 14 cm Halslänge und 2,5 cm innerem Halsdurchmesser. Das mit dem Kühler verbundene Destillationsrohr ist unten spitz zugeschmolzen und seitlich über der Spitze mit zwei Öffnungen versehen. In dem Destillationskolben werden 10 g zerkleinerter Tabak mit 150 ccm Wasser versetzt und wiederholt geschüttelt, um die Masse gleichmäßig mit Wasser zu durchtränken. Nach Zugabe von 50 g NaCl schüttelt man nochmals wiederholt während 1 Stunde. Darauf setzt man einen aus 2 g MgO mit wenig Wasser hergestellten Brei hinzu und spült mit etwa 50 ccm Wasser nach. Hierauf erfolgt die Wasserdampfdestillation. Als Vorlage dient ein Meßkolben von 300 ccm Inhalt. Der Destillationskolben wird in einem Babotrichter erhitzt. Durch die Zugabe von NaCl wird das quantitative Übertreiben des Nikotins wesentlich erleichtert, so daß 300 ccm Destillat die gesamte Nikotinmenge enthalten. MgO soll die Zersetzung N-haltiger Stoffe, die bei Verwendung starker Laugen zu befürchten ist, vermeiden. Nach erfolgter Destillation soll man sich von der alkalischen Reaktion des Rückstandes überzeugen.

Verbesserungsvorschläge für die Pfyl-Schmittsche Methode gaben Brauer[6]) und Bolm[7].) Mohr[8]) beschreibt eine einfache Pikratmethode.

Chattaway und Parkes[9]) bestimmen das Nikotin nach der Wasserdampfdestillation als Tetrachlorjodid.

Die Anwesenheit von *Pyridin in Nikotinpräparaten* erfordert besondere Arbeitsweise. Die meisten Verfahren begnügen sich damit, das Pyridin zu entfernen und lediglich das Nikotin

---

[1]) Matthes, H., und Rammstest, O., Ztschr. f. anal. Chem. **46**, 1907, 565.
[2]) König, J., Chem. Ztg. **35**, 1911, 521 und 1047; **36**, 1912, 86.
[3]) König, J., Ztschr. Unters. Lebensmittel **59**, 1930, 407.
[4]) Frank, L., Chem. Ztg. **51**, 1927, 658.
[5]) Pfyl, B., und Schmitt, Ottilie, Ztschr. Unters. Lebensmittel **54**, 1927, 60—78; Chem. Ztg. 51, 1927, 560.
[6]) Brauer, K., Pharmaz. Zentralhalle **71**, 1930, 209.
[7]) Bolm, F., Ztschr. Unters. Lebensmittel **59**, 1930, 602.
[8]) Mohr, W., Ztschr. Unters. Lebensmittel **66**, 1933, 362; Chem. Ztrbl. 1933, II, 3502.
[9]) Chattaway, F. D., and Parkes, G. D., J. Chem. Soc. **28**, 1929, 17.

durch eins der vorstehenden Fällungs-, Titrations- oder Polarisationsverfahren zu bestimmen. Bei der Polarisation ist die Abtrennung des Pyridins nicht einmal nötig.[1])

Fryer[2]) trennt Pyridin und Nikotin durch fraktionierte Destillation und verwendet die Refraktion zur Unterscheidung.

Die von Rasmussen[3]) empfohlene Trennung durch Destillation mit Essigsäure und Wasserdampf ist nach Mach und Sindlinger[4]) nur bei Vorhandensein geringer Pyridinmengen (0,1—0,2 g) geeignet. Ist mehr Pyridin vorhanden, so genügt das Abdestillieren von 150 ccm nicht zur Entfernung des Pyridins. Wird aber mehr destilliert, so geht auch Nikotin über. Es ist deshalb nötig, die abdestillierte Säuremenge durch ständiges Zutropfenlassen frischer Essigsäure zu ergänzen und zum Festhalten etwa mitgerissenen Nikotins einen mit 5 ccm Essigsäure und 20 ccm Wasser beschickten zum Sieden erhitzten Kolben zwischenzuschalten. Für die einwandfreie Ermittelung von Nikotin und Pyridin nebeneinander empfehlen Mach und Sindlinger ein ziemlich umständliches Verfahren, bei dem zunächst das ungefähre Mengenverhältnis der Basen festgestellt und danach die für die Pyridinbestimmung geeignete Menge genommen wird. Bei der Trennung ist das dauernde Zutropfen frischer Essigsäure von entscheidender Bedeutung. Zur Bestimmung des Pyridins muß dieses einer zweiten Destillation aus stark alkalischer Lösung unterworfen werden.

Lehmann, K. B.[5]) benutzt zur Titration des in n/10 H_2SO_4 aufgefangenen Pyridins Karminsäure als Indikator. 1 ccm n/10-Säure = 7,9 mg Pyridin. Vgl. zur Bestimmung von Pyridin neben Nikotin auch Strafford[6]) und Gisiger[7]).

Eine andere Möglichkeit, Nikotin auch in Gegenwart von Pyridin rasch zu bestimmen, aber auch die Menge des Pyridins festzustellen, ergibt sich aus der Löslichkeit des Pyridinsilicowolframates in heißer 0,5%iger HCl. Bei diesem Verfahren wird das Pyridinsilikowolframats in heißer 0,5%iger HCl. Bei diesem Verfahren wird das Pyridinsilikowolframat aus dem Fällungsgemisch durch Erhitzen mit der Säure bis zum Sieden herausgelöst. Im Filtrat kann das Pyridin nach besonderem Verfahren bestimmt werden. Auch die Löslichkeit des Pyridinsilikowolframats in viel kalter 0,5%iger HCl kann zur Trennung benutzt werden.

Nach Barta[8]) läßt sich Pyridin vom Nikotin bei Gegenwart von Zitratpufferlösung vom $p_H = 3{,}0$ (4 ccm 0,1 mol Dinatriumzitratlösung + 6 ccm n/10 HCl) durch Wasserdampfdestillation trennen und bestimmen.

Von diesem Puffer wird das halbe Volumen der Pyridin, Nikotin und Ammoniak enthaltenden Lösung zugesetzt und im Wasserdampfstrom destilliert. Nur Pyridin geht dabei über. Die Untersuchungslösung soll nicht mehr als 3 mg Pyridin enthalten, sie wird nötigenfalls neutralisiert (Indikator Methylrot). Nach Zugabe der Pufferlösung destilliert man aus einem Parnas-Wagnerschen Apparat 50 ccm ab. In dem Destillat läßt sich das Pyridin kolorimetrisch bestimmen, und zwar werden 5 ccm davon mit 1 ccm BrCN-Lösung und sofort darauf mit 5 ccm 0,2%iger alkoholischer β-Naphylaminlösung (nicht lange haltbar) versetzt. Nach Umschütteln wird nach 2—3 Stunden die Rotfärbung in einem guten Kolorimeter mit der von Standardlösungen verglichen. Die immer frisch herzustellende Bromzyanlösung erhält man durch tropfenweises Versetzen gesättigten Bromwassers mit 10%iger KCN-Lösung und fünffaches Verdünnen mit Wasser.

Bei einer Kontrollbestimmung gingen von 30 ccm 20 mg Nikotin und Ammoniak enthaltender, mit 15 ccm Pufferlösung versetzter Lösung im Wasserdampfstrom 120 ccm von Nikotin und Ammoniak vollständig freies Destillat über.

---

[1]) Surre, L., Ann. Falsif. **4**, 1911, 331; Ztschr. f. anal. Chem. **52**, 1913, 125; Emery, J., Am. chem. Soc. **26**, 1904, 1113; Chem. Ztlbl. 1904, II, 1347; Bertrand, G., and Javillier, M., Ann. Chim. anal. appl. **16**, 1911, 251; Chem. Ztlbl. 1911, II, 910.

[2]) Fryer, P. J., U. C. H., Analyst. **44**, 1919, 363; Chem. Ztlbl. 1920, II, 315.

[3]) Rasmussen, H. B., Ztschr. f. anal. Chem. 55, 1916, 81.

[4]) Mach, F., und Sindlinger, F., Ztschr. f. angew. Chem. 37, 1924, 89.

[5]) Lunge-Berl, Untersuchungsmethoden. 7. Aufl. Bd. 1, 1921, S. 681.

[6]) Strafford, N., Analyst. **58**, 1933, 380; Chem. Ztrbl. 1933, II, 1902.

[7]) Gisiger, L., Mitt. Lebensmittelunters. Hyg. **24**, 1933, 42; Chem. Ztrbl. 1933, I, 2772.

[8]) Barta, L., Biochem. Ztschr. **277**, 1935, 413.

Barta fand ferner, daß aus wässerigen Nikotinlösungen, die 0,5% HCl und weniger als 26 mg Pyridin in 100 ccm enthalten, nur das Nikotin mit Kieselwolframsäure ausfällt.

Der qualitative Nachweis des Pyridins in Tabakextrakt läßt sich nach Rasmussen auf Grund einer von Wöhlk zum Nachweis von Pyridin in Ammoniaksalzen angegebenen Methode wie folgt erbringen: 15—20 ccm des ätherischen Auszuges des alkalischen Tabakextraktes werden in einer Schale mit einigen Tropfen Essigsäure versetzt. Der nach dem Eindunsten der ätherischen Flüssigkeit erhaltene Rückstand wird mit etwa 0,5 g kristallinischem Natriumkarbonat und etwa 5 g pulverisiertem Natriumborat versetzt und die Mischung sorgfältig umgerührt. Das Pyridin läßt sich durch den Geruch deutlich erkennen. Auf diese Weise kann man weniger als 0,01 g Pyridin neben der 25fachen Menge Nikotin nachweisen.

Ein Verfahren für die Bestimmung des Nikotins und Ammoniaks in ammoniakalischen Nikotinlösungen gibt Niccoli[1]) an.

Zur ungefähren Unterrichtung über den Nikotingehalt von Tabakproben dient das folgende kurze Verfahren von Scherpe[2]): 6 ccm Tabakauszug werden in einem kleinen Becherglase mit 0,6 ccm Bleiessig vermischt und 0,32 g Glaubersalzpulver zugegeben. Dann rührt man mit einem abgeplatteten Glasstabe etwa 2 Min. lang um, zerdrückt dabei das Glaubersalzpulver möglichst fein und filtriert den erhaltenen gelbbraunen dünnen Brei in die weiter unten beschriebene graduierte Röhre, spült das Gefäß mit 1%iger Glaubersalzlösung aus und wäscht den Niederschlag mit dieser Lösung, bis das Filtrat die durch einen Strich markierte Höhe von 20 ccm über dem Boden erreicht hat. Darauf werden zum Filtrat 3 ccm 15%iger Kieselwolframsäure gegeben. Die mit einem Korken verschlossene Röhre wird sodann 2mal umgekehrt und hingestellt. Nach 24 Stunden wird die Oberfläche des Sediments durch vorsichtiges Beklopfen und Neigen der Röhre horizontal eingeebnet und die der Sedimenthöhe entsprechende Nikotinmenge abgelesen, wobei für die zwischen den Teilstrichen liegenden Niveaus der Sedimente der entsprechende Nikotingehalt durch Schätzung ermittelt wird. Wie bereits angegeben, ist die Ablesung nach 2stündigem Absitzen zulässig, wenn zu dieser Zeit die Höhe des Sediments weniger als 2 cm (entsprechend 16 mg Nikotin) beträgt; doch ist der gefundene Nikotinwert alsdann mit 0,83 zu multiplizieren.

Die graduierten Glasröhren haben folgende Abmessungen: 25 cm Länge und genau 1,35 cm lichten Durchmesser, aus in der Weite sehr gleichmäßigen Röhren hergestellt, mit genau ebenem Boden, einer Marke unterhalb der Mündung und folgender Skala:

Höhe über dem Boden cm	Marke g Nik.	Höhe über dem Boden cm	Marke g Nik.
1,38	0,01	4,36	0,045
1,91	0,015	4,72	0,05
2,38	0,02	5,07	0,055
2,81	0,025	5,41	0,06
3,22	0,03	5,74	0,065
3,61	0,035	6,06	0,07
3,99	0,04		

Eine *mikrotitrimetrische Methode* zur Bestimmung des Nikotins beschreiben Bodnár und Nagy[3]): 1 g Tabakpulver wird in eine mit gut schließendem Glasstöpsel versehene trockene Pulverflasche von 50 ccm eingewogen, 1 ccm 20%ige wässerige NaOH zugefügt und mit einem Glasstäbchen gut durchgemischt. Sodann gibt man genau abgemessene 20-ccm-Äther-Petroläthermischung (1 : 1) hinzu, schüttelt mehrmals gut durch und läßt 2 Stunden bei mehrmaligem Umschütteln stehen. Nachher werden aus der über dem völlig abgesetzten Tabakpulver stehenden klaren, gelbfarbigen Äther-Petrolätherlösung 10 ccm in einen 100 ccm

[1]) Niccoli, L., Boll. tecnico Scafati **24**, 1927, 67; Jahresber. f. Agrikulturchem. **70**, 1927, 439.

[2]) Scherpe, R., Zentralbl. f. Bakt. Abt. II, **71**, 1927, 93.

[3]) Bodnár, J., und Nagy, V. L., Biochem. Ztschr. **227**, 1930, 452.

Erlenmeyerkolben abpipettiert. Den Kolben läßt man auf einem vorher zum Sieden erhitzten Wasserbad so lange stehen, bis 1—1,5 ccm dunkelgrünlichbraune, dicke Lösung zurückbleiben, was 1—1½ Min. in Anspruch nimmt. Zu der in dem Kolben gebliebenen Lösung gibt man etwa 10 ccm Wasser, 2—3 Tropfen alkoholische Methylrotlösung und titriert mit 0,01 n-HCl, bis die grünlich-gelbe Farbe der Lösung in Rot übergeht; der Übergang ist sehr deutlich.

Eine Halbmikromethode gibt Burmann[1]) an.

Für die mikroanalytische Bestimmung des Nikotins in grünen Pflanzen empfehlen Bodnár und Nagy[2]), die Blätter mehrere Stunden bei 95—97° zu trocknen, weil bei niedriger Temperatur Verluste durch fermentative Spaltung des Nikotins eintreten sollen.

Die mikrotitrimetrische Bestimmung des Nikotins im Tabakrauch nach Überführung der Base in das Dipikrat kann auch für die Bestimmung kleiner Mengen Nikotin in Pflanzenschutzmitteln benutzt werden.[3]) Weiteres über Nachweis und Bestimmung kleiner und kleinster Mengen Nikotin siehe Nagy und Dickmann[4]), Bodnár und Nagy[5]), Wenusch[6]), Hofmann.[7])

Auch *elektrometrisch* ist freies und gebundenes Nikotin im Tabakextrakt bestimmbar.[8])

Über die Bestimmung von Chinolin in Nikotin siehe O. Wagner.[9])

Strychnin

Für die Strychninbestimmung im Strychningetreide geben Mach und Lederle[10]) folgendes Verfahren an:

„Man verreibt 15 g durch ein 1-mm-Sieb getriebenes Giftgetreide in einer Reibschale innig mit 5 ccm einer 30%igen NaOH Lauge, setzt soviel gut bindenden gebrannten Gips hinzu, bis das Gemisch trocken erscheint, tut es in eine Papierpatrone und extrahiert in einem geräumigen Soxhlet-Extraktionsapparat mindestens 3 Stunden mit Chloroform. Das zum Auffangen des Auszuges dienende Kölbchen stellt man in ein siedendes Wasserbad und benutzt einen gut wirkenden Rückflußkühler.

Nach Entfernung der Extraktionshülse destilliert man das Chloroform ab, bringt den mit Äther aufgenommenen Extraktionsrückstand in einen Schüttelzylinder, spült das Kölbchen wiederholt mit kleinen Mengen Äther nach — im ganzen werden etwa 50 ccm Äther benötigt — und schüttelt die ätherische Lösung 5mal mit je 20 ccm 1%iger HCl aus. Die salzsauren Auszüge sammelt man in einem 150-ccm-Kölbchen, befreit sie durch Aufkochen von geringen Äthermengen, läßt abkühlen, füllt mit 1%iger HCl auf und filtriert.

50 ccm des Filtrats (gleich 5 g Substanz) dampft man auf dem Wasserbade zur Trockne, nimmt mit 100 ccm Wasser auf, erhitzt zum Sieden, gibt 10 ccm einer 10%igen Kieselwolframsäure und sodann 5 ccm einer 10%igen HCl zu und läßt bis zum nächsten Tage stehen. Man sammelt den Niederschlag auf einem Asbestfilter in einem Porzellangoochtiegel, wäscht mit 1%iger HCl aus, trocknet den in einen Platinschuh oder in einen Platinvolltiegel gestellten Goochtiegel zunächst bei ganz kleiner Flamme und glüht schließlich über dem Teklubrenner bis zum beständigen Gewicht. Strychninmenge = Gewicht des Niederschlages mal 0,4697, Strychninnitratmenge = Gewicht des Niederschlages mal 0,5583."

Nach einer unveröffentlichten Angabe von Rohweder sind für die Analyse nach Mach und Lederle folgende Abänderungen empfehlenswert: Anwendung von 10 g anstatt 15 g

[1]) Burmann, J., Helv. chim Acta **13**, 1930, 785.

[2]) Bodnár, J., und Nagy, V. L., Biochem. Ztschr. **206**, 1929, 410.

[3]) Barta, L., und Toole, E., Ztschr. f. anal. Chem. **44**, 1931, 682.

[4]) Nagy, V. L., und Dickmann, A., Ztschr. f. anal. Chem. **94**, 1933, 12.

[5]) Bodnár, J., und Nagy, V. L., Z. Unters. Lebensmittel **67**, 1934, 598; Chem. Ztrbl. 1934, II, 1388.

[6]) Wenusch, A., Z. Unters. Lebensmittel **67**, 1934, 601; Chem. Ztrbl. 1934, II, 1387.

[7]) Hofmann, R., Mikrochemie **18** (N. F.12), 1935, 24—30.

[8]) Vickery, H. B., und Pucher, G. W., J. biol. Chemistry **84**, 1929, 233—241; Chem. Ztbl. 1930, I, 301.

[9]) Wagner, O., Chem. Ztg. **53**, 1929, 326.

[10]) König, J., Unters. landw. wichtiger Stoffe **2**, 1926, 368.

Getreide, ½stündiges Stehenlassen der Getreide-Natronlauge-Verreibung, 1stündiges Vortrocknen bei 50° und weiteres 3stündiges Trocknen bei 105° der gefüllten Hülse, 5stündige Extraktionsdauer.

Stuber und Kljatschkina[1]) fällen das Strychnin als Silikowolframat durch Zugabe von 10 ccm 10%iger HNO_3 und 8—10 ccm 10%iger Kieselwolframsäurelösung zu der etwa 0,15 g Strychnin enthaltenden Flüssigkeit (etwa 80 ccm). Man erwärmt 15—20 Minuten im Wasserbade, filtriert nach 18 Stunden den gut abgesetzten Niederschlag durch ein aschefreies Filter oder einen Quarzgoochtiegel, wäscht mit angesäuertem Wasser, trocknet, verascht und glüht schwach. Der Rückstand soll gelb oder grünlichgelb sein. Bei rein grüner Färbung muß mit HNO_3 oxydiert werden. Nach den Untersuchungen Stubers und Kljatschkinas ist der von Azodian angegebene Faktor 0,498 zur Umrechnung des Alkaloidgehaltes aus dem geglühten Silikowolframat viel zu hoch. Nach Bertram hat Strychnin-Silikowolframat die Zusammensetzung: $12\,WoO_3 \cdot SiO_2 \cdot 2\,H_2O \cdot 4\,C_{21}H_{22}O_2N_2 \cdot 8\,H_2O$. Daraus ergibt sich für den Glührückstand der Faktor 0,4697. Doch gibt auch dieser Faktor noch um 10% zu hohe Werte. Die Verfasser legen den Faktor 0,422 für den Glührückstand bezogen auf Strychnin fest. Auf den Silikowolframat-Niederschlag bezogen ist der Faktor 0,411 für Strychnin, 0,485 für Bruzin.

J. Krauß[2]) empfiehlt folgendes abgekürzte und zuverlässige Verfahren: „50,0 g feingemahlenen Giftweizen wiegt man in einen 500-ccm-Erlenmeyerkolben, tariert und wiegt 150 g eines Gemisches von 250 ccm Äther + 150 ccm Chloroform hinzu. Gerät etwas mehr von dem Gemisch in den Kolben, so wird das ganze Gewicht festgestellt. Jetzt mazeriert man mit 50 ccm eines Soda-Natronlauge-Gemisches (75 ccm 15%ige NaOH, 425 ccm 10%ige Na_2CO_3, 500 ccm dest. Wasser) und läßt verschlossen über Nacht stehen (am Tage öfters umschütteln). Am anderen Tage filtriert man durch ein trockenes Filter in einen tarierten Erlenmeyerkolben, wobei man rasch operiert und den Trichter mit einem Uhrglase bedeckt. Man ermittelt durch Wägung die Menge der Lösung und verdunstet auf dem Wasserbade ungefähr zwei Drittel davon. Den Rest filtriert man durch ein mit Chloroform angefeuchtetes Filter in einen kleinen Scheidetrichter, gibt 10 ccm 3%iger HNO_3 hinzu sowie so viel Äther, daß die Äther-Chloroformschicht auf der Salpetersäure schwimmt, und schüttelt gut durch. Nachdem noch 2mal mit je 10 ccm 3%iger HNO_3 durchgeschüttelt wurde, werden die vereinigten Auszüge durch Erwärmen im Wasserbade von den Lösungsmitteln befreit, in ein Becherglas mit Marke bei 100 ccm filtriert und nachgewaschen. Man füllt bis etwa 15—20 ccm unterhalb der Marke auf, fügt 10 ccm 5%iger Silikowolframsäure zu und füllt bis zur Marke. Jetzt erhitzt man bis zum eben beginnenden Sieden, läßt über Nacht stehen, filtriert durch einen getrockneten und gewogenen Asbestgoochtiegel und wäscht 4mal mit je 1 ccm dest. Wasser aus. Der Tiegel wird nach dem Trocknen über freier Flamme geglüht, bis die reine gelbgrüne Farbe des $WO_3 \cdot SiO_3$ erscheint, und nach dem Erkalten im Exsikkator gewogen. Durch Multiplikation mit 0,516 erhält man das Gewicht des in der angewandten Menge enthaltenen Strychninnitrates."

Elmore[3]) fällt das Strychnin als Pikrat.

Eine brauchbare *titrimetrische* Methode findet sich im D. A. B. **5**, 466. Sabalitschka[4]) beschrieb ein einfaches titrimetrisches Verfahren. Hök[5]) titriert das in gestellter Säure gelöste Strychnin mit 0,01-n-Boraxlösung zurück, weil 0,01-n-NaOH-Lösungen sich nicht genügend gegen den Einfluß von Kohlensäure schützen lassen.

Zum *Nachweis des Bruzins in Strychnin* benutzen Mach und Lederle[6]) folgendes auf Angaben von Harrison und Gair[7]) und Beckurts und Holst beruhendes, auch zur quantitativen Bestimmung des Bruzins vielleicht ausbaufähiges Verfahren: „Man gibt zu der

[1]) Stuber, E., u. Kljatschkina, B., Arch. Pharm. u. Ber. Dtsch. pharmaz. Ges. **266**, 1928, 33.

[2]) Krauß, J., Ztschr. f. angew. Chem. **44**, 1931, 946.

[3]) Elmore, J. W., J. Ass. Offic. Agric. Chemists **9**, 1926, 224.

[4]) Sabalitschka, W., Ztschr. f. anal. Chem. **78**, 1929, 240.

[5]) Hök, W., Svensk farm. Tidskr. **33**, 1929, 405; Chem. Ztrbl. 1929, II, 2586.

[6]) König, J., Unters. landw. u. landgewerbl. wichtiger Stoffe 1926, II, 887.

[7]) Harrison, E. F., u. Gair, D., Pharm. Journal **17**, 1903, 165.

alkaloidhaltigen Lösung 30 ccm 15%ige Ferrozyankaliumlösung und unter Umrühren so viel HCl, daß 10% HCl vorhanden sind. Das Strychnin scheidet sich als weißer, feinkristallinischer Niederschlag nach etwa 10 Min. langem Stehen quantitativ aus. Zur Prüfung des Filtrats auf Bruzin versetzt man mit wenigen Tropfen 15%ige Kieselwolframsäure. Bei Gegenwart von zu berücksichtigenden Mengen Bruzin entsteht ein kräftiger Niederschlag. Eine schwache Trübung entsteht in den meisten Fällen, sie entspricht dem geringen Gehalt der technischen Strychninsalze an Brucin.

Nach Keller[1]) läßt sich das Bruzin neben Strychnin indirekt bestimmen, indem man das Basengemisch in 10 ccm Schwefelsäure löst, in der Kälte 1 ccm Salpetersäure (D = 1,4) zugibt und 1—1½ Stunden stehen läßt. Dadurch zersetzt sich das Bruzin in ein in Alkali lösliches Phenolerivat[2]) und das Strychnin allein kann nach Versetzen der Flüssigkeit mit Alkali im Überschuß mit Chloroform-Äther ausgezogen und massanalytisch bestimmt werden. Weiteres über die Bestimmung des Bruzins neben Strychnin siehe Gerock[3]) und Dufilho.[4])

Wöber[5]) benutzt die rotgelbe Färbung, die Bruzin mit Salpeterschwefelsäure gibt, zu einer empfindlichen kolorimetrischen Bestimmung dieses Alkaloids auch im Gemisch mit dem 500fachen an Strychnin. Erkennbar sind mit dieser Reaktion noch 0,1 mg Bruzin in 50 ccm Lösung. Zur Untersuchung benötigt man:

1. eine Normalbruzinlösung, enthaltend 0,1 g wasserfreies Bruzin in 100 ccm 1%iger chemisch reiner H_2SO_4;
2. eine Strychninlösung, enthaltend 0,5 g Strychnin in 100 ccm 1%iger H_2SO_4;
3. das Salpetersäurereagens: 1 Vol. HNO_3 (D = 1,4) + 1 Vol. H_2SO_4 (20 Gew.-%);
4. eine gesättigte wässerige $KClO_3$-Lösung.

Zur Analyse löst man einerseits 0,1 g des zu untersuchenden reinen Alkaloidgemisches in 20 ccm 1%iger H_2SO_4 durch Erwärmen und füllt mit der gleichen H_2SO_4 auf 30 ccm auf. Andererseits mißt man 20 ccm der Lösung (2) ab, läßt ein genau gemessenes Volumen der Lösung (1) zufließen und füllt mit 1%iger H_2SO_4 auf 30 ccm auf.

In jede der beiden kalten Lösungen läßt man gleichzeitig 10 ccm des Reagens (3) einfließen, verrührt, läßt 1 Min. stehen und fügt zu jeder Mischung 2 ccm der Lösung (4) zu, rührt gut durch und füllt je nach der Farbintensität auf 50 oder 100 ccm mit Wasser auf.

Veratrin

Eindeutige Reaktionen auf Veratrumalkaloide sind noch nicht gefunden worden. Über mikrochemische Nachweisversuche vgl. Klein, Herndhofer und Tröthandel[6]). Pharmakologisch ist Veratrin nach Hummelsheim[7]) am Blutegel bestimmbar, nach Christensen und Mc Lean[8]) an Tauben.

Anabasin

Anabasin kann nach Wenusch und Bilowitzki[9]) in Abwesenheit von Nikotin gravimetrisch wie dieses bestimmt werden. Auch die Zusammensetzung der kieselwolframsauren Salze ist gleich.

---

[1]) Keller, Ztschr. f. anal. Chem. **33**, 1894, 492.
[2]) Keller, Ann. Falsifications **21**, 1928, 204.
[3]) Gerock, J. E., Arch. Pharm. 27, 1889, 158 (Strychninpikrat).
[4]) Dufilho, E., Bull. Soc. Pharm. Bordeaux **65**, 1927, 7; Chem. Ztrbl. 1927, II, 1059.
[5]) Wöber, A., Ztschr. f. angew. Chem. **31**, 1918, 124.
[6]) Klein, G., Herndhofer, E., u. Tröthandel, O., Öster. Bot. Ztschr. **77**, 1928, 111.
[7]) Hummelsheim, C. H., Arch. exp. Path. Pharmak. **172**, 1933, 227; Chem. Ztrbl. 1934, I, 2459.
[8]) Christensen, B. V., and Mc Lean, A. P., J. Am. pharm. Ass. **25**, 1936, 414—417; Chem. Ztrbl. 1936, II, 3445.
[9]) Wenusch, A., u. Bilowitzki, G., Biochem. Ztschr. **270**, 1934, 15.

Nach Katz[1]) gibt nur Anabasin, nicht Nikotin in Methanol mit H_2SiF_6 charakteristische Niederschläge, während eine ätherische Jodlösung mit dem gleichen Vol. ätherischer Alkaloidlösung nur bei Anwesenheit von Nikotin ein rotes Perjodid gibt.

Bolotnikow und Baranenko[2]) fällen die Gesamtalkaloide der Anabasispflanze mit K_2HgJ_4 und bestimmen sie danach titrimetrisch.

Derris und andere Rotenonpflanzen (B 6)

Solange die Frage noch nicht endgültig geklärt ist, in welchem Maße Rotenon, die anderen bisher isolierten Derrisstoffe und noch unbekannte Bestandteile des Derrisharzes an der insektiziden Wirkung beteiligt sind, empfiehlt es sich, bei Wertbestimmungen der Derriswurzel und -mittel sowohl den Rotenon- als auch den Extraktgehalt festzustellen. Spoon und van de Laan[3]) meinen, daß bei Anwesenheit von mehr als 4 % Rotenon in der Derriswurzel dieses allein wertbestimmend ist, während der Gesamtextrakt mit zu berücksichtigen ist, wenn weniger als 2 % Rotenon neben verhältnismäßig viel Extrakt vorhanden sind. Den Quotienten Ätherextrakt / Rotenon nennen Hoyer und Leonard[4]) „Index of Relative Toxicity". Unter Derrisharz wird im folgenden der Gesamt-Ätherextrakt verstanden, unter Rotenonharz (Takei) der von kristallisierbarem Rotenon befreite Teil des Derrisharzes, der aber damit durchaus noch nicht völlig rotenonfrei ist. Einen Überblick über Derrisuntersuchungsmethoden gibt Roark[5]).

Qualitativer Nachweis von Derrisstoffen. Peyer und Hünerbein[6]) schlagen zum Nachweis von Derrispulver folgende Reaktionen vor. Ein kalter, durch 1stündige Mazeration mit Eisessig erhaltener Auszug (1 Derris zu 10 Eisessig) zeigt gelbbraune bis bräunliche Färbung. 2 ccm des Auszuges färben sich nach Zugabe von 2 Tropfen rauchender Salpetersäure rot bis dunkelrot (ebenso färbt sich ein Benzolauszug). Verdünnt man die salpetersäurehaltige Lösung mit Wasser auf 10 ccm, so tritt zitronengelbe bis gelbbraune Färbung ein. Beim Versetzen dieser Mischung mit Natronlauge im Überschuß entsteht vorübergehend Grün- dann Braunfärbung. Bei Verwendung von Ammoniak anstatt Natronlauge ist das Grün beständiger. Schichtet man 2 ccm des Eisessigauszuges auf rauchende HNO_3, so bildet sich eine rote Zone. Innerhalb von 15 bis 30 Min. färbt sich die Oberschicht rot bis weinrot.

Eine ähnliche Farbreaktion für Rotenon, die anscheinend auf derselben Umsetzung beruht, beschreiben Jones und Smith[7]). 1 ccm einer Rotenonlösung in Azeton wird mit 1 ccm HNO_3 (1 : 1) gemischt und $\frac{1}{2}$ Min. stehen gelassen. Nach Verdünnen mit 8—9 ccm Wasser und Zugabe von 1 ccm konzentriertem NH_3 entsteht für kurze Zeit eine Blaufärbung, die mit der Färbung von Bromthymolblau bei $p_H = 7{,}2$ vergleichbar ist. Die Reaktion tritt noch bei Gegenwart von 0,1 mg Rotenon ein, ist aber nach W. Fischer[8]) nicht spezifisch für dieses, sondern wird ebenso auch mit Deguelin und Toxicarol erhalten, dagegen nicht mit Tephrosin, Isotephrosin, Dehydrorotenon und Dehydrodeguelin.

Eine ebenfalls blaugrüne, beständigere Färbung erhalten Rogers und Calamari[9]), indem sie 1—2 ccm der zu prüfenden Lösung mit 5 ccm $CHCl_3$ mischen, 5 ccm einer Lösung von 10g Thymol in 100 ccm $CHCl_3$ zufügen und mit 3 ccm einer Mischung aus 0,2 Vol.-Teilen HNO_3 und 99,8 Vol.-Teilen HCl $\frac{1}{2}$ Min. schütteln.

---

[1]) Katz, S. A., Ztschr. f. anal. Chem. **108**, 1937, 408.

[2]) Bolotnikow, S. M., u. Baranenko, S. E., Pharmac. J. (russ.) **9**, 1936, 22—26.

[3]) Spoon, W., en van d. Laan, P. A., Ber. Handels-Mus. Kolon. Inst. Amsterdam **98**, 1935, 15 S.; Rev. Appl. Ent., A, **24**, 1936, 87.

[4]) Hoyer, D. G., and Leonard, M. D., Soap **12**, 1936, No. 3; Rev. Appl. Ent., A, **24**, 1936, 461.

[5]) Roark, R. C., Soap **11**, 1935, 2, 97—99.

[6]) Peyer, W., u. Hünerbein, H., Apoth.-Ztg. **46**, 1931, 1485.

[7]) Jones, A., and Smith, C., Ind. Eng. Chem. analyt. Edit. **5**, 1933, 75; Chem. Ztrbl. 1933, II, 582.

[8]) Fischer, W., Unveröffentlichte Beobachtung.

[9]) Rogers, H. D., u. Calamari, J. A., Ind. Eng. Chem., An. Ed. **8**, 1936, 135; Chem. Ztrbl. 1937, I, 1511.

Eine weitere Farbreaktion auf anderer Grundlage (Oxydation mit $NaNO_2$ in konzentriert-schwefelsaurer Lösung) haben Danckwortt, Budde und Baumgarten[1]) angegeben. Es empfiehlt sich, die von den Autoren angewandte Arbeitsweise durch diejenige von W. Fischer und Nitsche[2]) zu ersetzen, weil dadurch die Empfindlichkeit und Sicherheit des Nachweises sehr erhöht werden. Es sind dann nicht 0,1 mg (Danckwortt), sondern etwa 0,002 mg nachweisbar. Statt des Nitrits eignen sich auch andere Oxydationsmittel, z. B. Nitrate und Ferrisalze. Rotenon, Dehydrorotenon und Dehydrodeguelin geben eine violette Färbung, Deguelin, Toxicarol, Tephrosin und Isotephrosin geben rötlich-violette Färbungen.[3])

Bestimmung des Derrisharzes. Sehr einfach gestaltet sich diese bei reiner Derriswurzel. Man extrahiert die feingepulverte Wurzel im Soxhlet 8—24 Stunden (je nach der Menge und der Extraktionsgeschwindigkeit) erschöpfend mit Äther, verjagt diesen und bringt den Rückstand im Vakuum zu völliger Trockenheit.

Bei Derriszubereitungen würde dieses Verfahren teils unsicher werden, teils auf die größten Schwierigkeiten stoßen oder auch gänzlich versagen. Harzartige Verfälschungen der Derriswurzel oder viele von Derrisharz nicht zu trennende Beistoffe der Handelszubereitungen würden miterfaßt werden. Für diese Fälle bedient man sich zweier kolorimetrischer Methoden, die quantitative Ausgestaltungen der qualitativen Farbreaktionen von Jones und Smith sowie von Danckwortt und Mitarbeiter sind.[4])

Blaukolorimetrie

Bereitung der Vergleichsreihe (Standardreihe). Aus 27,2 g KH_2PO_4, 160 ccm H_2O und 120 ccm n-NaOH wird eine Pufferlösung vom p_H : 7 bereitet. 25 mg Bromthymolblau werden in 25 ccm Alkohol gelöst. Man versetzt 3 ccm dieser Lösung mit 33 ccm Pufferlösung, gibt 12 ccm der Verdünnung in ein kalibriertes Reagenzglas (Lösung Nr. 1), verdünnt den Rest mit Pufferlösung auf die Hälfte, nimmt wieder 12 ccm ab (Lösung Nr. 2), verdünnt den Rest wieder usw., bis Nr. 6 erreicht ist. Auf alle Flüssigkeiten gibt man etwas Toluol + flüssiges Paraffinöl. Die Röhren werden gut verstopft.

Die Kalibrierung erfolgt durch Vergleich der Höhen, die bestimmte Volumina Wasser einnehmen. Man verwende keine in der Weite stark abweichenden Röhren. Etwa 10 gleichweite Röhren halte man für die Ausführung der Analysen bereit.

Man setze die Röhren in ein möglichst langes Reagenzglasgestell, so daß je ein Zwischenraum zwischen zwei Röhrchen frei bleibt. Durch Mattglas, Filtrierpapier oder dergleichen sorge man für zerstreutes Licht. Seitenlicht, welches blenden könnte, ist abzuschirmen. Die Aufstellung erfolgt vor einem hellen Fenster.

Filter. Unerläßlich sind orangegelbe Filter, etwa vom Farbton neutraler Methylorangelösung. Die Dichte muß ausprobiert werden. Zu dünne Filter sind weniger brauchbar als strenge Filter. Lösung 1 soll durch das Filter sehr dunkel, aber nicht völlig undurchsichtig erscheinen. Man badet z. B. einen unbelichteten, ausfixierten und gut gewässerten photographischen Film in einer wässerigen Lösung von 2 % Tartrazin und 0,1 % Neucoccin (Agfa), spült ab, schleudert Wassertropfen gut ab, trocknet hängend, schneidet runde Stücke aus und setzt diese in eine Sonnenbrillenfassung. Das Arbeiten mit der Filterbrille ist sehr zu empfehlen.

Ausführung der Messung. Im allgemeinen werden für eine Analyse von Rotenon und rotenonreichen Extrakten zunächst 4 ccm einer 0,4 %igen Lösung in Azeton gebraucht. Zweckmäßig werden 40 mg in 10 ccm Azeton gelöst. Einen Teil der Lösung verdünne man auf das Doppelte, einen anderen auf das Vierfache. Mit diesen drei Lösungen, die also 4, 2 und 1 mg im ccm enthalten, wird die erste Meßreihe ausgeführt. Bei der unerläßlichen Wiederholung der Messung empfiehlt es sich, etwas andere Konzentrationen zu wählen, also z. B. mit 3 oder 5 mg im ccm zu beginnen oder wenigstens die beiden Verdünnungen etwas anders vorzunehmen.

---

[1]) Danckwortt, P. W., Budde, H., u. Baumgarten, G., Arch. Pharm. 272, 1934, 561.

[2]) Fischer, W., u. Nitsche, G., Mitt. a. d. Biol. Reichsanstalt Nr. 50, 1935.

[3]) Fischer, W., Unveröff. Beobacht.

[4]) Fischer, W., u. Nitsche, G., Mitt. aus d. Biol. Reichsanstalt Nr. 50, 1935; Verbesserungen nach noch unveröff. Beobacht. von W. Fischer.

Jeweils 1 ccm Azetonlösung versetze man mit 1 ccm Salpetersäure (D = 1,2), die 0,01 % $NaNO_2$ enthält, lasse 2 Min. ohne Kühlung stehen, verdünne mit 5 ccm eiskaltem Wasser, kühle dann die Mischung auf mindestens + 7° ab, trockne das Röhrchen ab und füge nun in einem raschen Guß 5 ccm verd. Ammoniak (D = 0,980) aus einem Meßzylinder (nicht Pipette) zu. Die Flüssigkeit muß ganz rasch gemischt werden, indem man das mit dem Finger verschlossene Röhrchen einmal auf den Kopf stellt. Sofort danach ist die Farbtiefe mit der Standardreihe zu vergleichen. Man setze erst auf die eine, dann sofort auf die andere Seite desjenigen Vergleichsröhrchens, dessen Farbtiefe der zu messenden am nächsten kommt. Zu messen ist immer die maximale Farbtiefe, die je nach Kühlung manchmal erst nach 10 oder 20 Sek. erreicht wird. Stark trübe Lösungen dürfen nicht gemessen werden. Sind beim Verdünnen mit Wasser organische Ausscheidungen unvermeidlich, nehme man Azeton oder Azetonwasser zum Verdünnen, kühle dann aber besonders gut vor der Ammoniakzugabe ab. In diesen Fällen muß ganz besonders rasch gemessen werden. Schwache Trübungen nach Verdünnen mit Wasser werden durch Filtration entfernt. Man verwendet aliquote Teile des Filtrats, z. B. 5 oder 6 von den 7 ccm und fügt dann die genau entsprechend verringerte NH_3-Menge zu. An den Konzentrationsverhältnissen darf nichts geändert werden. Das Verhältnis $HNO_3 : NH_3$ und der NH_3-Überschuß müssen stets die gleichen sein.

Die Farbschätzungen sind so anzustellen, daß der Abstand der Farbtiefe von der des benachbarten Vergleichsröhrchens in Dezimalen angegeben werden kann. Zur Auswertung der so erhaltenen Zahlen braucht man eine Eichkurve. Man trage zu diesem Zweck auf der Abszissenachse in gleichen Abständen vom Nullpunkt die Zahlen 1—7 auf, welche die Nummern der Standardreihe bedeuten, auf der Ordinatenachse in gleichen Abständen die Zahlen 0,25, 0,5, 1, 2 und 4, welche Milligramme Rotenon im ccm bedeuten. In mehreren Meßreihen suche man nun die Lage der Werte für möglichst viele Rotenonkonzentrationen auf und verbinde durch die bestmögliche Kurve. Jeder Zwischenwert kann nun in Dezimalwerten obiger Eintragungen abgelesen werden.

Als Endwert einer Analyse kann erst der Mittelwert aus drei Ablesungen bei verschiedenen Konzentrationen betrachtet werden. Er soll im allgemeinen nicht um mehr als 10 % von dem Endwert einer zweiten Analyse abweichen.

Die aus der Eichkurve abgelesenen Werte können, wenn Derrisharz vorliegt, nur als „scheinbares Rotenon" oder Rotenonäquivalente bezeichnet werden. Zur Umrechnung in Derrisharz bedient man sich des empirischen Faktors 1,6, der sich bei allen bisherigen Untersuchungen gut bewährt hat.

Die Unsicherheit der Methode wächst mit zunehmender organischer Verunreinigung der Harze. Manchmal können auch mit strengstem Filter keine annähernd sicheren Schätzungen angestellt werden. In solchen Fällen versuche man, einen Teil der Verunreinigungen auf folgende Weise zu beseitigen. Man extrahiere das Mittel zunächst mit Benzol, filtriere, wasche gut mit Benzol nach und verdampfe das Lösungsmittel. Den Rückstand nehme man dann in einer bestimmten Menge Azeton auf.

Bei stark lehmig-grünen Färbungen empfiehlt sich mehr die folgende Arbeitsweise, für die eine eigene Eichkurve anzulegen ist. Die Standardröhrchen werden so aufgestellt, daß der untere Teil verdeckt ist und nur etwa die oberen 2 ccm der grünen Flüssigkeit sichtbar sind. Ansatz zunächst wie oben, doch wird nach der Reaktion mit 5 ccm Azeton verdünnt und nach guter Kühlung mit 10 ccm eiskochsalzgekühlter 33 %iger NaOH ganz kurz und nicht zu heftig durchgeschüttelt. Das gesamte Azeton (6 ccm) sammelt sich mit dem gesamten Farbstoff auf der Lauge.

Noch stärkere Färbungen entstehen, wenn statt 5 ccm Azeton nur 1 ccm nach der Reaktion zugefügt wird, weil sich dann die ganze Farbe in 2 ccm Azeton konzentriert. Es wird aber wieder eine neue Eichkurve notwendig.

Der Eintritt der Reaktion mit der Nitrit-Salpetersäure, der sich durch Gelbfärbung anzeigt, kann in Gegenwart mancher Stoffe so sehr verzögert werden, daß unter Umständen völlige Abwesenheit von Rotenon vorgetäuscht wird. Andere Stoffe verhindern die Reaktion nicht, schwächen aber die endgültige Blaufärbung. Solche Stoffe, die möglichst abwesend sein sollen, sind z. B. $CHCl_3$, CCl_4, Benzol, Fettsäuren, Türkischrotöl.

Die Färbungen können in größeren Ansätzen bei besonders sorgfältiger Tiefkühlung auch im Dubosq-Kolorimeter mit einer Standardlösung verglichen oder, was sich ganz besonders

empfiehlt, im lichtelektrischen Kolorimeter hinter Gelbfiltern absolut gemessen und mit einer Eichkurve ausgewertet werden. In der 50-ccm-Küvette des Langeschen Kolorimeters befindet sich die gekühlte, verdünnte Reaktionslösung (5facher Ansatz). Man setzt die Küvette bei angeschalteter Lampe in den Apparat, gießt sofort das eiskalte NH_3 hinein, rührt mit einem Glasstäbchen kurz und heftig um und liest die maximale Zeigerstellung ab.

Violettkolorimetrie

Eine Lösung in Azeton mit einem Gehalt von höchstens 0,4 mg Derrisharz wird in einem 25-ccm-Meßkolben auf dem Wasserbad unter Absaugen des Azetons zur Trockne gebracht. Nach Abkühlen löst man den Rückstand in 2 ccm konz. H_2SO_4, versetzt mit 5 Tropfen 1 Vol.-%iger Lösung von $NaNO_2$ in konz. H_2SO_4, stopft locker zu, erhitzt 8 Min. auf dem Wasserbad und füllt nach dem Abkühlen mit konz. H_2SO_4 auf.

Mißt man nun die Farbtiefe in gewöhnlichen Kolorimetern, so braucht man eine mit Rotenon bereitete Vergleichslösung, was sich bei Verwendung von Absolut-Kolorimetern nach einmaliger Festlegung des Extinktionsmoduls erübrigt. Dieser beträgt z. B. bei Benutzung des Rotfilters 620 im „Leifo" (Leitz, Wetzlar) für 0,4 mg Rotenon 0,29. Auch bei dieser Methode ergeben sich Werte, die als Rotenonäquivalente bezeichnet werden müssen, weil Deguelin, Tephrosin, Isotephrosin, Toxicarol, Dehydrorotenon und Dehydrodeguelin miterfaßt werden. Zur Umrechnung in Derrisharz bedient man sich des empirischen Faktors 1,4.

Bestimmung des Rotenons und Deguelins. Zur Rotenonbestimmung gibt es gravimetrische, polarimetrische und kolorimetrische Verfahren. Die ältesten Methoden bestimmen das kristallisierbare Rotenon in ätherischen oder CCl_4-Extrakten, erfassen also das Rotenon in höchst unvollkommener Weise, da einerseits beträchtliche Mengen dieses Stoffes gelöst bleiben, andererseits oft ziemlich unreine Produkte an Stelle des Rotenons auskristallisieren. Berücksichtigt man noch den großen Zeitaufwand und Materialverbrauch (50 g Wurzel oder bis zu mehreren 100 g an Handelspräparaten), so können jedenfalls die Äthermethoden von Roark[1]), Georgi und Gunn Lay Teik[2]) und Koolhaas[3]) als überholt gelten. Am besten arbeitete noch das gravimetrische Verfahren von Jones[4]), der 50 g gepulverte Substanz (20-Maschensieb) im Soxhlet mit CCl_4 8—10 Std., bei hohem Rotenongehalt noch länger, extrahiert und den auf 25—50 ccm konzentrierten Extrakt einen Tag bei 0° stehen läßt. Das in Nadeln mit einem Mol Kristall-CCl_4 ausgefallene Rotenon wird in einem mit Einlage von Hartfilterpapier beschickten Goochtiegel nach Abkühlen der Flüssigkeit in Eis filtriert und mit 10—20 ccm eiskaltem CCl_4 ausgewaschen. Das über Nacht an der Luft getrocknete Material mit 0,719 multipliziert (Verhältnis $C_{23}H_{22}O_6 : C_{23}H_{22}O_6 \cdot CCl_4$) ergibt das vorhandene Rotenon. Eine wirklich genaue Bestimmung des Rotenons als CCl_4-Verbindung erfordert nach Worsley[5]) ziemliche Übung. Er gibt eine genaue Beschreibung der Ausführung des Verfahrens, bei dem er übrigens Essigester zur Extraktion verwendet. Vgl. weiterhin Rowaan[6]) sowie Cahn und Boam[7]), welche die Möglichkeit der Abscheidung von in „versteckter Form" vorliegendem Rotenon untersucht haben. Derris mit derartigem, nicht freiwillig kristallisierendem Rotenon nennen Cahn und Boam „Sumatra-Typ". Martin und Tattersfield[8])

---

[1]) Roark, R. C., Malayan Agric. J. **20**, 1932, No. 10, 498.

[2]) Georgi, C. D. V., and Teik, G. L., Dep. Agr. Straits Settlements, Scientif. Ser. 1933, No. 12, 1—30.

[3]) Koolhaas, D. R., Bull. jardin bot. Buitenzorg (3) **12**, 1932, 563; Chem. Ztrbl. 1933, II, 749.

[4]) Jones, H. A., Ind. Eng. Chem. News Edit. **9**, 1931, 301; Anal. Edit. **5**, 1933, 23; Chem. Ztrbl. 1933, II, 582.

[5]) Worsley, R. R. b. g., J. Soc. chem. Ind., Chem. u. Ind. Trans. **55**, 1936, 349—357; Chem. Ztrbl. 1937, I, 1744.

[6]) Rowaan, P. A., Chem. Weekblad **32**, 1935, 291—295; Chem. Ztrbl. 1935, II, 2270.

[7]) Cahn, R. S., and Boam, J. J., J. Soc. chem. Ind. Trans. **54**, 1935, 37—42; Chem. Ztrbl. 1935, II, 2270.

[8]) Martin, J. T., u. Tattersfield, F., Ann. Appl. Biol. **23**, 1936, 880—898.

fanden, daß Rotenon aus Harz vom „Sumatra-Typ" leichter kristallisiert, wenn man einen der kristallisationshemmenden Stoffe, das Toxicarol, durch Behandlung mit 5%iger K_2CO_3-Lösung entfernt hat.

Das nicht kristallisierbare Rotenon und auch das Deguelin erfassen Takei, Miyajima und Ono[1]) durch folgende sinnreiche Methode: Aus 50 g Wurzeln gewinnt man wie gewöhnlich durch Extraktion mit Äther das kristallisierbare Rotenon. In 5 g des durch Verjagen des Äthers zurückbleibenden „Rotenonharzes" werden dann die Reste des in Lösung gebliebenen Rotenons und das Deguelin zu Dehydrorotenon und Dehydrodeguelin oxydiert, die als leicht kristallisierendes schwerlösliches Gemisch isoliert werden. Die beiden Verbindungen lassen sich durch Hydrierung mit Wasserstoff-Palladium-Bariumsulfat trennen, weil dabei nur die erste in leichtlösliches Iso-dihydro-dehydrorotenon übergeht, während Dehydrodeguelin unverändert bleibt. Da die Molekulargewichte praktisch gleich bleiben, sind hiermit Deguelin und Gesamtrotenon bestimmt.

Das Verfahren ist anscheinend das einzige gravimetrische, das wenigstens mit konstantem Fehler den wahren Rotenongehalt erfaßt, ferner das einzige Verfahren überhaupt zur direkten Bestimmung des Deguelins. Einer allgemeinen Verwendbarkeit der Methode steht aber ihre beträchtliche Umständlichkeit sehr hinderlich im Wege.

Als indirektes gravimetrisches Verfahren sei hier noch die Methoxylbestimmung nach Zeisel genannt.[2]) Da die bisher isolierten Derrisstoffe sämtlich Methoxylgruppen enthalten, sagen die Ergebnisse eigentlich nichts über den Rotenongehalt der Wurzel aus. Die Zahlen fallen aber auch wiederum zu niedrig aus, um als Derrisgesamtextrakt auswertbar zu sein. Rotenon und Deguelin enthalten 15,74% Methoxyl, Toxicarol 15,12%.

Alle gravimetrischen Methoden scheint das *polarimetrische* Verfahren von Danckwortt, Budde und Baumgarten[3]) aus dem Felde geschlagen zu haben. Dieses benutzt die starke optische Aktivität des Rotenons in Benzol ($[\alpha]_D^{20} = -233^0$). Als optisch aktiv kommt unter den Derris-Inhaltstoffen höchstens noch das Deguelin mit $[\alpha]_D^{20}$ in Benzol $= -23{,}2^0$ in Frage. Da Deguelin nur etwa $\frac{1}{10}$ der Giftigkeit des Rotenons besitzt, liefert die Polarisationsmethode eine Möglichkeit, mit dem Rotenon auch das Deguelin, dieses jedoch in einem seinem Wirkungswert entsprechenden Verhältnis zu erfassen.

3 g feingepulverte Droge werden mit 30 ccm Benzol 24 Stunden bei Zimmertemperatur digeriert. Die abfiltrierte Benzollösung wird im 100-mm-Rohr polarisiert. Der Rotenongehalt errechnet sich nach der Formel:

$$\% \text{ Rotenon} = \frac{\alpha \cdot 1000}{233}.$$

Vgl. die Erfahrungen von W. Fischer und Nitsche mit dieser Methode. Polarimetrisch lassen sich auch die meisten Derriszubereitungen des Handels prüfen. Rowaan[4]) warnt allerdings vor der Anwendung der polarimetrischen Methode. Er hält allein die Krystallisationsverfahren für zuverlässig. Diese sind aber bei Derriszubereitungen leider nur in seltenen Fällen anwendbar.

Vgl. zur Frage der optischen Aktivität der Derrisstoffe auch Tattersfield und Martin.[5])

Als *kolorimetrische* Rotenonbestimmungsmethoden kommen die oben beschriebenen (Blau- und Violettmethode) dann in Frage, wenn Rotenon ohne andere Derrisstoffe vorliegt. Durch die Violettmethode sind bei besonderer Arbeitsweise noch Mengen bis herunter zu etwa 0,004 mg Rotenon quantitativ erfaßbar, was keine andere Rotenonbestimmungsmethode leistet.

---

[1]) Takei, S., Miyajima, u. Ono, M., Ber. d. Dtsch. Chem. Ges. **66**, 1933, 1833.

[2]) Clark, E. P., J. Ass. Off. agr. Chem. **15**, 1932, 136; Campbell, F. L., Sullivan, W. N. and Jones, H. A., Soap **10**, 1934, No. 3, 81—87; Chem. Ztrbl. 1934, II, 2582; Danckwortt u. Mitarbeiter.

[3]) Danckwortt, P. W., Budde, H., u. Baumgarten, G., Arch. Pharm. 272, 1934, 561.

[4]) Rowaan, P. A., Arch. Pharm. **273**, 1935, 237—238; Chem. Ztrbl. 1935, II, 2114; Chem. Weekblad **33**, 1936, 9; Chem. Ztrbl. 1936, I, 4203.

[5]) Tattersfield, F., and Martin, J. T., Ann. Appl. Biol. **23**, 1936, 899—916.

Ein weiteres unspezifisches, auf Rotenon also nur in Abwesenheit anderer Derrisstoffe anwendbares Verfahren ist das folgende: Von einer Azetonlösung der Probe mit 0,05—0,30 mg Rotenon/ccm mischt man im trockenen Reagenzglas 2 ccm mit 2 ccm frischer farbloser alkohol. KOH (10 g KOH + 100 ccm 95% Alkohol), stellt genau 2 Min. in ein Wasserbad von 20° und fügt 6 ccm Nitritreagens (1 Vol. HNO_3 (CP) + 1 Vol. wäßrige 2,5%ige $NaNO_2$-Lösung) zu, mischt, kühlt durch ständiges Schütteln im Wasserbad auf 20° während mindestens 30 Sek. und läßt 15 Min. bis zum Farbmaximum darin stehen. In den nächsten 30 Min. wird mit Rotenon, ebenso behandelt, kolorimetriert.[1]) In Derrisharz wird durch dieses Verfahren die Summe von Rotenon und Deguelin erfaßt. Eine wesentlich verbesserte Vorschrift für die Gross-Smith-Methode gibt Goodhue.[2])

Bestimmung des Toxicarols. Haller und La Forge[3]) benutzen hierzu ein Verfahren, das auf der Bildung schwerlöslicher Alkaliverbindungen beruht. Auch Jones, Campbell und Sullivan[4]) sowie Martin und Tattersfield[5]) bedienten sich dieses Verfahrens. Die Mutterlauge von der Rotenonkristallisation als CCl_4-Verbindung wird so gut wie möglich von CCl_4 befreit, der Rückstand in Äther gelöst und 3mal mit je 50 ccm 5%iger wäßriger K_2CO_3-Lösung ausgeschüttelt. Die vereinigten Alkaliauszüge werden mit Äther gewaschen, beide Äthermengen vereinigt und mit Wasser gewaschen. Die Differenz: Rotenonfreies Derrisharz minus Derrisharz nach Alkalibehandlung gibt ungefähr den Toxicarolgehalt an. Das Ansäuern der Alkaliprodukte, die teils ausfallen, teils im Alkali in Lösung bleiben, liefert kein reines Toxicarol, sondern ein Harz.

Kolorimetrisch müßte sich Toxicarol als Differenz zwischen dem Wert der Blaukolorimetrie nach Fischer und Nitsche und dem Wert nach Gross und Smith ungefähr bestimmen lassen. Eine Bestätigung hierfür steht noch aus.

Pyrethrum

Da man die chemisch-analytischen Verfahren der Pyrethrinbestimmung zur Bewertung von Pyrethrum früher für unzuverlässig und für den insektiziden Wert nicht maßgebend hielt, griff man anfangs zu biologischen Prüfverfahren.

Nach einer von Saling[6]) beschriebenen biologischen Methode werden 8 g Substanz in einem Becherglase mit 20 g Paraffinum liquidum D. A. B. im Wasserbade unter mehrmaligem gleichmäßigem Verrühren des Pulvers 1 Stunde bei 100° extrahiert. Die ziemlich dickflüssige gelbbraune Masse wird filtriert. Saling bedient sich zur Übertragung des pyrethrumhaltigen Ölfiltrates in die Mundwerkzeuge der Versuchstiere durch Austarierung graduierter Glaskapillaren. Er benutzt für die Prüfung des Extraktes Stubenfliegen und große amerikanische Schaben, die in Rückenlage fixiert werden. Als tödliche Dosis des Pyrethrumparaffinölextraktes ermittelte Saling für Stubenfliegen etwa 0,15 mg, für Schaben 10—12 mg Paraffinölextrakt eines gut wirkenden Insektenpulvers. Tattersfield und Morris[7]) benutzten zur biologischen Prüfung von Pyrethrum die Blattlaus *Aphis rumicis*. Vom Normenausschuß der Insecticide and Desinfectant Manufacturers' Association[8]) wurde vorgeschlagen, die Lähmungszeit von *Blatella germanica* als Maßstab für die Wirksamkeit von Pyrethrumspritzmitteln zu benutzen. Eine Schabe wird unter genau festgelegten Bedingungen mit einer konstanten Flüssigkeitsmenge bespritzt und die Zeit bis zur Rückenlage des Tieres (Lähmungszeit) mit der Stoppuhr gemessen. Es wird der Mittelwert aus 10 Proben genommen. Die Pyrethrumkonzentration (in lbs/gallon) kann aus den Lähmungszeiten (in Sek.) an Hand einer Tabelle abgelesen werden.

---

[1]) Gross, C. R., and Smith, C. M., J. Ass. off. agric. Chemists **17**, 1934, 336—339; Chem. Ztrbl. 1934, II, 1673.

[2]) Goodhue, L. D., J. Ass. off. agr. Chem. **19**, 1936, 118—120; Chem. Ztrbl. 1936, II, 2602.

[3]) Haller, H. L., and La Forge, F. B., J. Am. Chem. Soc. **56**, 1934, 2415.

[4]) Jones, H. A., Campbell, F. L., and Sullivan, W. N., J. econ. Ent. **28**, 1935, 285.

[5]) Martin, J. T., and Tattersfield, F., Ann. Appl. Biol. **23**, 1936, 880—889.

[6]) Saling, T., Ztschr. f. Desinf. u. Gesundheitsw. **20**, 1928, 38.

[7]) Tattersfield, F., and Morris, H. M., Bull. Ent. Res. **14**, 1924, 223.

[8]) Soap **8**, 1932, 107; Manschke, R., Die kranke Pflanze **9**, 1932, 44.

Trotz gelegentlich noch geäußerten gegenteiligen Meinungen[1]) kann heute aber die chemische Pyrethrumanalyse als hinreichend zuverlässige Bewertungsmethode gelten. In diesem Zusammenhange sei auch darauf hingewiesen, daß die Bewertung von Dalmatinischem Insektenpulver für die Ausfuhr auf chemischem Wege erfolgt. Zusammenstellungen der chemischen Analysenmethoden geben unter anderen Gnadinger[2]) und Mann.[3])

An *qualitativen* Reaktionen auf Pyrethrine wurde nur eine Farbreaktion auf Chrysanthemummonokarbonsäure (aus Pyr. I) von H. A, Seil[4]) beschrieben. Er erhält eine von rot über veil nach grün übergehende Färbung, nach 24 Stunden einen gelben Niederschlag, wenn er je 1 ccm Probelösung und Dénigès-Reagens (s. S. 639 unten) mischt, mit 0,4—0,5 ccm konz. H_2SO_4 unterschichtet und nach einigen Sekunden mischt.

Bei den *quantitativen* Verfahren hat man 3 Gruppen zu unterscheiden:

1. Semikarbazonmethoden, 2. Säuremethoden, 3. Reduktionsmethoden.

Die *Semikarbazonmethode* erfordert in der von Staudinger und Harder[5]) angegebenen Form 500 g Material, ist umständlich und besitzt nur noch historisches Interesse. Tattersfield, Hobson und Gimingham[6]) haben das Verfahren zu einer Mikromethode mit 10 g Materialverbrauch ausgearbeitet. Sie bestimmen den Stickstoffgehalt des Semikarbazongemisches der beiden Pyrethrine nach dem Preglschen Mikroverfahren der Kjeldahl-Methode. Das immer noch ziemlich zeitraubende Verfahren scheint vor anderen keine Vorzüge zu haben; die erhaltenen Werte standen nach Tattersfield, Hobson und Gimingham in guter Übereinstimmung mit den Zahlen der Säuremethode. Über abgeänderte und abgekürzte Semikarbazonmethoden berichten Weibel[7]) sowie Fleury und Levaltier.[8])

Bei den *Säuremethoden* werden die durch Verseifung der Pyrethrine entstehenden Karbonsäuren durch Wasserdampfdestillation in die flüchtige Säure aus Pyrethrin I und die unflüchtige aus Pyrethrin II getrennt und dann einzeln titriert. Tattersfield, Hobson und Gimingham arbeiteten eine „lange" und eine „kurze" Methode aus. Die erste[9]) ist ebenso umständlich wie die Semikarbazonmethode, hat vor dieser aber den großen Vorzug, die beiden Pyrethrine einzeln zu erfassen. Dies ist sehr wichtig, weil die Giftwirkung dieser Verbindungen nach den bisherigen Erfahrungen wohl recht verschieden voneinander ist und das Mengenverhältnis, in dem sie vorkommen, doch gewissen Schwankungen unterworfen ist. Die Genauigkeit der erhaltenen Werte scheint recht groß zu sein; ferner stimmte die Summe der Werte weitgehend mit den Zahlen von Gnadinger und Corl (s. u.) für die Summe der Pyrethrine überein, besonders, wenn die von Martin und Tattersfield[10]) angegebenen Verbesserungen der Säuremethode berücksichtigt wurden.

Die „kurze" Methode[11]) begnügt sich mit der Bestimmung des für die insektizide Wirkung wichtigsten Pyrethrins I. Das Verfahren dürfte neben dem Schnellverfahren von Martin und Tattersfield (s. u.) das einfachste von allen sein und sei deshalb hier wiedergegeben.

10 g Pyrethrum werden im Soxhletapparat mit etwa 50 ccm Petroläther (zwischen 40 und 50° siedend) auf einer Heizplatte im lebhaften Kochen gehalten, bis der Petroläther farblos abfließt. Die Flüssigkeit spült man in einen etwa 100 ccm fassenden langhalsigen Kolben, der sich mit einem Rückflußkühler und einem Wasserdampfdestillationsgerät passender Größe am besten durch Glasschliffe verbinden läßt. Nach Zugabe von 4—5 ccm methylalkoholischer n/1-NaOH wird die Flüssigkeit $1\frac{1}{2}$—2 Stunden lang auf dem Wasserbad erhitzt und nach Versetzen mit überschüssiger n/1-H_2SO_4 im Wasserdampfstrom destilliert. Die Destillation

---

[1]) Z. B. Sprengel, L., Weinbau u. Kellerwirtsch. **12**, 1933, 32.

[2]) Gnadinger, C. B., Pyrethrum Flowers. 2. Aufl. Minneapolis 1936.

[3]) Mann, D., Chem. Ztg. **60**, 1936, 147—149.

[4]) Seil, H. A., Soap **10**, 1934, 89—91; Audiffren, M., J. Pharmac. Chim. (8) **19** (126), 1934, 535—536; Chem. Ztrbl. 1934, II, 2109.

[5]) Staudinger, H., u. Harder, H., Ann. Acad. Scient. Fennicae A. **29**, 1927, No. 18.

[6]) Tattersfield, F., Hobson, R. P., and Gimingham, C. T., J. Agric. Science **19**, 1929, 282.

[7]) Weibel, Bul. Soc. chimic (4) **41**, 1927, 10, 1411.

[8]) Fleury, P., u. Levaltier, H., J. Pharm. chimic (7) **30**, 1924, 265.

[9]) Tattersfield, F., Hobson, R. P., and Gimingham, C. T., J. agric. Science **19**, 1929, 278.

[10]) Martin, J. T., and Tattersfield, F., J. agric. Science **21**, 1931, 118.

[11]) Tattersfield, F., and Hobson, R. P., J. agric. Science **19**, 1929, 435.

unterbricht man nach Übergehen des Petroläthers und 50 ccm Wasser, sie ist beendet nach weiterem Destillieren von gesondert aufzufangenden 50 ccm Wasser. Die zuerst erhaltene Flüssigkeit wird in einem Scheidetrichter 1 Min. lang lebhaft geschüttelt, und der Petroläther nach Abtrennung der wässerigen Schicht nochmals mit etwas Wasser gewaschen. Den Petroläther gibt man darauf zu 20 ccm Wasser, die vorher mit einigen Tropfen Alkohol und Phenolphthaleinlösung und etwas Alkali bis zur schwachen Rotfärbung zu versetzen sind. Man titriert mit n/50-NaOH, bis die wässerige Schicht nach lebhaftem Schütteln in geschlossener Flasche deutlich alkalisch reagiert. Die zweiten 50 ccm Destillat und die damit vereinigten zuerst erhaltenen, bereits extrahierten wässerigen Schichten werden mit 50 ccm Petroläther im Scheidetrichter lebhaft geschüttelt. Die Petrolätherschicht fügt man darauf zu der Titrationsflüssigkeit und beendet die Titration wie vorher. Von den verbrauchten ccm n/50-NaOH werden 0,2 ccm, die der Azidität des Petroläthers zuzuschreiben sind, abgezogen. 1 ccm n/50-NaOH entspricht 6,6 mg Pyrethrin I.

Die Tattersfieldsche Gesamtsäuremethode ist mehrfach[1]) gewissen Abänderungen unterworfen worden. Wichtig ist es vor allem, Fettsäuren als Bariumsalze auszufällen, was durch die Löslichkeit der Bariumsalze der Chrysanthemumkarbonsäuren ermöglicht wird. Eines dieser Verfahren, dasjenige von Seil, sei als verhältnismäßig schnell arbeitendes hier beschrieben.

12,5 g durch ein 20—30-Maschensieb getriebene Pyrethrumblüten werden im Soxhlet mit niedrig siedendem Petroläther extrahiert, und der nach vorsichtigem Verjagen des Petroläthers erhaltene Rückstand mit 10—15 ccm n/2. alkoholischer NaOH 1—2 Stunden gekocht. Nach Umspülen und Auswaschen mit Wasser bis auf 200 ccm wird der Alkohol vorsichtig abgetrieben, bis etwa 150 ccm Flüssigkeit verblieben sind. (Nach eigenen Erfahrungen kann das Abtreiben des Alkohols auch unterbleiben). Nach Abkühlen wird die Flüssigkeit mit 1 g Kieselgur durchgeschüttelt. Man setzt 10 ccm 10%ige $BaCl_2$-Lösung hinzu und füllt mit Wasser auf 250 ccm auf.

200 ccm Filtrat werden mit 1 ccm konz. Schwefelsäure versetzt, wodurch das überschüssige Barium ausgefällt und die Chrysanthemumsäuren in Freiheit gesetzt werden. Man destilliert mit Wasserdampf bis auf 15—20 ccm Kolbeninhalt und ca. 250 ccm Destillat, das in einem Scheidetrichter aufgefangen wird.

Das Destillat wird mit je 50 ccm Petroläther 2mal ausgeschüttelt, der Petroläther mit 10 ccm Wasser 2mal ausgewaschen. 15 ccm Wasser werden nun mit n/50. NaOH gegen Phenolphthalein neutralisiert, der Petrolätherlösung zugesetzt und unter Schütteln mit n/50. NaOH titriert. 1 ccm Lauge gleich 6,6 mg Py I.

Der Destillationsrückstand wird durch einen Goochtiegel filtriert, nachgewaschen, das Filtrat mit $NaHCO_3$ alkalisch gemacht und im Scheidetrichter 2mal mit Chloroform ausgeschüttelt. Die wässerige Flüssigkeit wird mit konz. HCl angesäuert, mit NaCl gesättigt und 2mal mit je 50 ccm Äther, 2mal mit je 25 ccm Äther ausgeschüttelt. Nach Auswaschen mit 10 ccm Wasser wird die ätherische Lösung filtriert, der Äther verdampft, der Rückstand 10 Min. bei 100° getrocknet. Nach Zusatz von 2 ccm Alkohol wird erwärmt und die Säure mit 20 ccm Wasser in der Wärme gelöst. Die klare Lösung titriert man mit n/50. NaOH. 1 ccm Lauge = 3,74 mg Py II.

Die nach dem vorstehend beschriebenen Verfahren isolierte Chrysanthemummonokarbonsäure (die Säure aus Pyrethrin I) kann nach W. Fischer[2]) auf Grund der Reaktion von Seil (s. o.) auch in sehr kleinen Mengen, mindestens bis herunter zu 6 γ je ccm (entsprechend 10 γ Pyrethrin I) kolorimetrisch bestimmt werden. Die hierbei entstehenden, noch unbekannten gefärbten Verbindungen sind sehr empfindlich gegen Licht, insbesondere gelbes Licht. Da die Färbungen, die das Spektrum von rot über blau nach gelb durchlaufen, ihr Maximum im blauen Gebiet je nach Menge der Chrysanthemumkarbonsäure und je nach äußeren Bedingungen zu verschiedenen Zeiten erreichen, kommen nur Absolutmessungen in Betracht. Folgende Arbeitsweise kann empfohlen werden:

Reagentien: 1. Denigès-Reagens, 1 : 1 verdünnt, also eine Lösung von 5 g gelbem HgO in 20 ccm konz. H_2SO_4 und 220 ccm H_2O, filtriert.

---

[1]) Z. B. Seil, H. A., Soap **10**, 1934, 89—91; Chem. Ztrbl. 1934, II, 2735; Ripert, J., Ann. Falsific. Fraudes **27**, 1935, 580—595; **28**, 1935, 27—38; Chem. Ztrbl. 1935, I, 3835.

[2]) Fischer, W., Ztschr. f. anal. Chem. **119**, 1938, 1—8.

2. H_2SO_4 (D = 1,835).

Die neutrale Titratonslauge der Säuremethoden, z. B. nach Seil, wird vom Petroläther getrennt und unter quantitativem Nachspülen auf ein solches Volumen gebracht, daß sie gemäß Titration die 0,01—0,5 mg, am besten 0,1—0,2 mg Pyrethrin I entsprechende Menge Chrysanthemumsäure in 1 ccm enthält. Man mischt nun im kleinen Erlenmeyer 2,00 ccm von Reagens (1) mit 3,00 ccm (genaue Pipette!) H_2SO_4, kühlt die Mischung in Eis ab, wobei etwas $HgSO_4$ ausfällt und läßt dann unter dauerndem Umschütteln und guter Eiskühlung bei sehr gedämpftem, am besten blauem Licht 4,00 ccm der Vorratslösung von chrysanthemumkarbonsaurem Na im Verlaufe von $\frac{1}{2}$—1 Min. zufließen. Jetzt bringt man die Lösung rasch auf 25°. Sobald sich der Niederschlag durch dauerndes Schütteln bei 25° gelöst hat, wird eine Stoppuhr in Gang gesetzt, die Lösung in eine Küvette gefüllt (alles unter Fernhaltung von hellem Licht!) und die Messung begonnen. Man mißt im „Leifo" mit dem Filter 570 anfangs in Abständen von 1—2 Min., später in größeren Abständen (die schwächsten Färbungen erreichen das Maximum erst nach 1 Stunde) solange, bis die Extinktion mit Sicherheit wieder abnimmt.

Bei der Messung im lichtelektrischen Kolorimeter nach Lange wird der Ansatz verdoppelt (also 4 + 6 + 8 ccm). Man benutzt die Mikroküvetten von 10 mm Schichtdicke und das Grünfilter. Die Küvette ist jeweils nur so lange dem Licht der 15-W-Lampe auszusetzen, wie für die Messung notwendig ist. Die Maxima werden hierbei früher erreicht als beim „Leifo".

Die Eichkurven für jede Kolorimeterart legt man aus etwa 5 Punkten mit Hilfe eines oder mehrerer Pyrethrumpulver fest, wobei möglichst Mengen mit einem Verbrauch von mehr als 10 ccm n/50-Lauge genommen werden sollen.

Die hohe Spezifität dieser Farbreaktion bietet die Möglichkeit zu verschiedenen Vereinfachungen der Pyrethrumanalyse, sofern lediglich auf die Bestimmung von Pyrethrin I Wert gelegt wird. Esterartige Riechstoffe, deren Entfernung mittels Wasserdampfdestillation zum Teil erhebliche Pyrethrinverluste mit sich brachte, können hier ohne weiteres mit verseift werden, da sie kolorimetrisch nicht erfaßt werden. Die Titrationswerte geben dann aber nicht mehr Pyrethrin I wieder. Da Pyrethrin II unter den obigen Bedingungen nur eine schwache grüngelbe Färbung liefert, kann nach den bisherigen Erfahrungen sogar die Trennung von Py I und Py II durch Wasserdampfdestillation unterbleiben. Man behandelt also die mit überschüssiger H_2SO_4 versetzte, von $BaSO_4$ milchig getrübte Lösung (s. o. Verfahren Seil) direkt wie sonst das Wasserdampfdestillat weiter. Auch hier haben die Titrationswerte keinen eindeutigen analytischen Sinn. Es ist sogar möglich, Pyrethrumpulver oder -zubereitungen (etwa 2—4 g Pulver oder entsprechende Mengen Zubereitungen) ohne vorherige Petrolätherextraktion direkt zu verseifen. Die kolorimetrischen Werte scheinen dann etwas höher auszufallen, und es ist noch nicht endgültig erwiesen, ob diese Arbeitsweise als einwandfrei gelten kann. Für Vergleichsmessungen bringt sie jedoch bei gewissen analytisch schwierigen komplizierten Pyrethrumspritzmitteln außerordentliche Erleichterungen.

Die *Reduktionsmethoden* nutzen die leichte Oxydierbarkeit der α-Oxy-Ketone aus. Man kann für Pyrethrine ähnliche Bestimmungsmethoden wie für Glukose anwenden, weil die Zucker eine ähnliche Atomgruppierung aufweisen. In Anlehnung an die Zuckerbestimmungsmethoden benutzt man als Oxydationsmittel komplexe Kupferlösungen (Fehlingsche Lösung) oder alkalisches Kaliumferrizyanid. Das reduzierte Kupfer kann kolorimetrisch, das nicht reduzierte Kupfer und das nicht reduzierte Ferrizyanid können jodometrisch ermittelt werden.

Zunächst sei die Methode von Gnadinger und Corl[1]) wiedergegeben, da sie größere Bedeutung erlangt hat. Dazu sind folgende Flüssigkeiten nötig. a) Petroläther 90—99 % zwischen 20 und 40° destillierend, höchster Siedepunkt 60°.

b) Aldehydfreier Alkohol: 1 l 5 g m-Phenylendiaminhydrochlorid enthaltender 95 %iger Alkohol wird 24 Stunden bei öfterem Umschütteln stehen gelassen, hierauf 8 Stunden am Rückflußkühler erhitzt und nach abermaligem 24stündigem Stehen destilliert, wobei die ersten 10 % und die letzten 5 % des Destillates zu beseitigen sind. Das Destillat wird dunkel in ganz gefüllten Flaschen aufbewahrt.

---

[1]) Gnadinger, C. B., and Corl, C. S., J. Am. chem. Soc. **51**, 1929, 3054.

c) Basische Bleiazetatlösung: Auflösung von 20 g (Hornes) basischem Bleiazetat in 1 l frisch ausgekochtem destilliertem Wasser.

d) Alkalische Kupfersulfatlösung: Eine Auflösung von 2,5 g reinstem Kupfervitriol in ungefähr 100 ccm Wasser wird mit zunächst getrennt gehaltenen Auflösungen von 5 g reinstem Kalium-Natriumtartrat und 7,5 g reinstem Natrium-Hydroxyd in ungefähr je 100 ccm Wasser in einem 500 ccm Kolben gemischt und bis zur Marke verdünnt. Die Auflösung darf nicht über 3 Tage alt sein.

e) Folins Reagens: 150 g Natriummolybdat ($Na_2MoO_4 \cdot 2\,H_2O$) werden in 300 ccm Wasser gelöst. Die Lösung filtriert man durch ein quantitatives 15-cm-Filter in einem 1-l-Meßkolben, wäscht mit 75 ccm Wasser nach, fügt 0,1—0,2 ccm Brom hinzu und schüttelt bis zur Auflösung des Broms. Nach 1stündigem Stehen werden unter Umschütteln 225 ccm 85%ige Phosphorsäure und darauf 150 ccm verdünnte Schwefelsäure (1 Vol. konz. Säure mit 3 Vol. Wasser gemischt und gekühlt) zugesetzt. Man verjagt das in Freiheit gesetzte Brom durch einen mäßig schnell durch die Flüssigkeit getriebenen Luftstrom etwa $\frac{1}{2}$ Stunde lang, gibt schließlich 75 ccm 99%ige Essigsäure hinzu und verdünnt bis zur Marke.

f) Normal-Dextroselösung: Eine Auflösung von genau 1 g reiner wasserfreier Dextrose in Wasser wird in einem 200-ccm-Meßkolben mit 40 ccm aldehydfreiem Alkohol gemischt und mit Wasser bis zur Marke verdünnt. Eine verdünnte Lösung stellt man durch Mischen von 10 ccm der ersten Lösung mit 210 ccm aldehydfreiem Alkohol und Verdünnen auf 250 ccm mit Wasser her. 10 ccm dieser Lösung enthalten 2 mg Dextrose. Die starke Lösung ist mehrere Monate, die verdünnte Lösung nur 1 Woche haltbar.

An Apparaten werden gebraucht ein konstantes auf $78^0 \pm 0{,}2^0$ einstellbares Wasserbad, ein Kolorimeter nach Dubosq oder Klett mit künstlicher Lichtquelle, Folinsche Zuckerröhrchen.

Dextrose mg	Pyrethrin I mg	Pyrethrin I u. II mg	Dextrose mg	Pyrethrin I mg	Pyrethrin I u. II mg
0,750	4,87	5,19	1,900	11,96	12,76
0,800	5,14	5,48	2,000	12,71	13,56
0,900	5,69	6,07	2,100	13,49	14,39
1,000	6,24	6,66	2,200	14,31	15,26
1,100	6,81	7,26	2,300	15,17	16,18
1,200	7,39	7,88	2,400	16,09	17,16
1,300	7,99	8,52	2,500	17,05	18,19
1,400	8,60	9,17	2,600	18,11	19,32
1,500	9,23	9,85	2,700	19,52	20,53
1,600	9,88	10,54	2,800	20,55	21,92
1,700	10,55	11,25	2,875	21,59	23,03
1,800	11,24	11,99			

20 g zerkleinerte Pyrethrumblüten (30-Maschensieb) werden im Soxhletapparat 5 Stunden mit Petroläther ausgezogen.

Man filtriert den Auszug nach mindestens $\frac{1}{2}$ stündigem Stehen bei 20° durch ein quantitatives Filter in ein 400-ccm-Becherglas, gibt einige Körnchen ausgeglühten Sand hinzu und verjagt den Petroläther unterhalb 75°. Unmittelbar nach dem Vertreiben des letzten Petroläthers spült man den Rückstand mit 80—85 ccm heißem aldehydfreiem Alkohol in einen 100-ccm-Meßkolben, fügt zu der heißen Flüssigkeit 15 ccm basische Bleiazetatlösung und füllt heiß bis zur Marke auf. Nach lebhaftem Umschütteln wird auf 20° abgekühlt und mit Alkohol auf 100 ccm aufgefüllt. Man filtriert, fügt 1 g kalzinierte Soda hinzu, läßt unter häufigem Umschütteln 15 Min. lang stehen, filtriert und gibt 10 ccm des klaren Filtrates und darauf 6 ccm alkalische Kupferlösung unter Umschütteln in ein Folinsches Kölbchen. Weiter gibt man 10 ccm der Dextroselösung (2 mg Dextrose) und 6 ccm alkalische Kupferlösung unter Umschütteln in ein zweites Folinsches Kölbchen. Die Röhrchen werden in einem konstanten Bad von genau 78° Temperatur 45 Min. lang erhitzt, 3 Min. lang in Wasser von 20° abgekühlt

und darauf mit 10 ccm Folinschem Reagens versetzt. Nach 3 Min. langem Stehen schüttelt man um und füllt in einem Meßkolben von 100 ccm bis zur Marke mit Wasser auf. Nach Filtration der Pyrethrinlösung durch einen Goochtiegel mit grobem Asbest (Filtration der Dextroselösung ist nicht nötig) werden die Lösungen in dem Kolorimeter verglichen und die der unbekannten Lösung äquivalente Menge Dextrose und weiter unter Benutzung der Tabelle die Menge Pyrethrin in der untersuchten Pyrethrumprobe berechnet.

Kupferreduktion durch Dextrose und Pyrethrine. Dritte Reihe berechnet für eine Mischung gleicher Teile Pyrethrin I und II.

Raupp[1]) arbeitet zunächst nach den Prinzipien der Gnadinger-Corl-Analyse, erhitzt jedoch nicht 45 Min. im konstanten Bad von 78°, sondern kocht 2 Min. im Erlemeyer und titriert das unverbrauchte zweiwertige Kupfer nach Zusatz von KJ und Schwefelsäure mit n/10-Thiosulfat.

Die geringsten Materialmengen, 0,5 g bis herunter zu 0,1 g, d. h. eine einzige Blüte, erfordert die Methode von Martin und Tattersfield[2]), die jedoch mit einer gewissen Unsicherheit behaftet ist, jedenfalls außerordentliche Sorgfalt in der Ausführung erfordert.

Man erhitzt hierbei den nach besonderem Verfahren proteinfrei gemachten Blütenauszug 45 Min. auf dem Wasserbad mit einer gestellten alkalischen Ferrizyanidlösung und titriert das Jodäquivalent des unverbrauchten Ferrizyanids mit n/200-Thiosulfatlösung. Die Differenz von Analyse und einem Blindversuch wird mit Hilfe einer Eichkurve ausgewertet.

Ripert[3]) hat die Pyrethrinbestimmungsmethoden einer eingehenden Kritik unterzogen. Er hält alle Verfahren für mehr oder minder unzuverlässig, weil bei den Säuremethoden unwirksame Säuren, bei den Semokarbazon- und Reduktionsmethoden nichtgiftiges Methylpyrethrolon mitbestimmt werden. Von letzterem will er 0,1—0,4 % in Pyrethrum gefunden haben. Vgl. dazu die Erwiderung von Chevalier[4]) sowie die Entgegnung von Gaudin[5]) an Chevalier mit dem Hinweis auf das Gaudinsche Prüfungsverfahren.[6])

Andere Arbeiten zeigen jedoch, daß die Ripertsche Kritik zumindest nicht in dem Umfange berechtigt ist. Gnadinger und Corl[7]) wurden durch die Einwendungen zunächst zu einer Nachprüfung ihrer Methode veranlaßt. Sie fanden in dem Ausschütteln der Petrolätherlösungen mit verdünnten wässerigen $KMnO_4$-Lösungen ein Mittel, die Pyrethrine von Pyrethrolon und Methylpyrethrolon zu trennen. Diese beiden werden dabei sofort oxydiert und entfernt, jene nur zu etwa 4 %. Petrolätherextrakte frischer Blüten wurden ebenfalls nicht stärker oxydiert, solche aus 10 Monate alten Blüten allerdings bereits zu 15 %. Es scheint demnach, als ob sich Pyrethrolon und sein Methyläther in alten Blütenpulvern tatsächlich anreichern. Die Produkte, die aus den Pyrethrinen durch Licht und Lufteinwirkung entstehen und die in der Hauptsache die Wertverminderung des Pyrethrums beim Lagern bedingen, sind kaum für den hohen Permanganatverlust verantwortlich zu machen. Gnadinger und Corl stellten nämlich fest, daß die veränderten Pyrethrine bei 20° nur zu 0,004 % in Petroläther löslich sind, bei normalen Analysen also nur zu einem kleinen Teil miterfaßt werden.

Weiter zeigte Richardson[8]), daß auch die kurze Säuremethode imstande ist, den Pyrethrinverlust in absichtlich (durch abwechselndes Befeuchten und Trocknen) verändertem Pyrethrum wiederzugeben. Auch Wilcoxon und Hartzell[9]) halten die Ripertsche Kritik an der Säuremethode für unberechtigt, weil diese Methode die Giftigkeit der Pyrethrine in Blüten im Vergleich zu reinen Pyrethrinen eher etwas unterschätzt, nicht aber durch Miterfassung anderer Säuren überschätzt.

---

[1]) Raupp, O., Süddeutsch. Apoth.-Ztg. **75**, 1935, 216; Chem. Ztrbl. 1935, I, 3706.
[2]) Martin, J.T., and Tattersfield, F., J. Agric. Science **21**, 1931, 115.
[3]) Ripert, J. Ann. Falsific. Fraudes **24**, 1931, 325; Chem. Ztrbl. 1931, II, 2202.
[4]) Chevalier, J., Ann. Falsific. Fraudes **25**, 1932, 525—528; Chem. Ztrbl. 1933, I, 997.
[5]) Gaudin, O., Ann. Falsific. Fraudes **26**, 1933, 26; Chem. Ztrbl. 1933, I, 3486.
[6]) Gaudin, O., Chem. Ztrbl. 1932, I, 3208.
[7]) Gnadinger, C. B., and Corl, C. S., J. Am. Chem. Soc. **55**, 1933, 1218—1223.
[8]) Richardson, H. H., J. econ. Ent. **24**, 1931, 1098—1106.
[9]) Wilcoxon, F., and Hartzell, A., Contrib. Boyce Thompson Inst. **5**, 1933, 115—127.

Endlich sei auch auf die mehrfach festgestellten Übereinstimmungen der chemisch-analytischen Werte der verschiedenen Methoden untereinander hingewiesen. Tattersfield, Hobson und Gimingham fanden Übereinstimmung zwischen Semikarbazon- und Säuremethode, Martin und Tattersfield zwischen Säure- und Gnadinger-Corl-Methode. Ripert konnte allerdings diese Angaben nicht bestätigen.

Übereinstimmung zwischen analytischen und biologischen Befunden erhielten unter anderen Martin und Tattersfield (bei *Aphis rumicis*), Richardson (bei *Musca domestica*), Hartzell und Wilcoxon[1]) (bei *Aphis rumicis*). Die schlechte Übereinstimmung zwischen chemischen und biologischen Daten in den Versuchen von Profft und Körting[2]) ist vielleicht auf das wenig geeignete biologische Objekt (Kornkäfer) zurückzuführen. Vgl. Sprengel.[3])

Der Analysengang von Pyrethrumzubereitungen des Handels muß den jeweils vorhandenen Begleitstoffen angepaßt werden. Während die Gnadinger-Corl-Methode bei solchen Mischungen oft versagt, ist die Säuremethode nach geeigneter Vorbehandlung der Mittel stets anwendbar. Esterartige Riechstoffe müssen sehr sorgfältig durch Wasserdampfdestillation entfernt werden, wobei allerdings Verluste an Pyrethrinen bis zu 25% auftreten können[4]); Seifen koaguliert Deshusses[5]) durch $MgCl_2$ oder $CaCl_2$. Nichtkoagulierbare Emulgatoren sind schwerer zu entfernen; man versucht das in viel Sand aufgenommene Mittel mit Petroläther zu extrahieren. Emulgatorfreie Petroleumextrakte sind leicht zu analysieren.[6]) Vergleichende Wertbestimmungen von Pyrethrumzubereitungen geben Gnadinger und Corl[7]) an.

Scilla

Zum qualitativen Nachweis von Meerzwiebel-Extraktstoffen sind verschiedene Reaktionen angegeben worden.[8]) Einige Milligramm Scillaextrakt, in verd. Alkohol gelöst, mit konz. Salzsäure bis zur Farblosigkeit verdünnt und nach Zusatz einer Spur a-Naphthol erhitzt, geben eine rosa bis rote Färbung. Schüttelt man 1 g zerriebenen Extrakt mit 10 ccm Äther, filtriert, verjagt den Äther in einer Porzellanschale und löst den Ätherrückstand in 4 ccm Resorzin-Schwefelsäure (0,05 g Resorzin in ccm konz. H_2SO_4), so entsteht eine zunächst olivgrüne, dann braune, grünfluoreszierende Lösung. Eine violette bis blaue Lösung erhält man, wenn man den aus Meerzwiebelessig mit Bleiazetatlösung entstehenden Niederschlag in Salzsäure löst, die braungelbe Lösung mit HCl bis zur Farblosigkeit verdünnt und kocht.

Chemische Verfahren zur quantitativen Bewertung der Meerzwiebel und ihrer Zubereitungen gibt es zur Zeit noch nicht.

Quassia

Eindeutige Analysenmethoden sind noch nicht bekannt.

Zur Erkennung von Verfälschungen (Zusätze fremder Hölzer, bereits ausgelaugtes Quassiaholz) dienen die mikroskopische Prüfung, die Reaktion mit Eisenchlorid auf Gerbsäure, die negativ ausfallen muß und die Kochprobe mit Wasser, bei der nicht bereits ausgelaugtes Holz etwa 15% an Wasser abgeben muß.

Eine qualitative Probe auf Quassiin in Extrakten beschreiben Mach und Lederle.[9])

---

[1]) Hartzell, A., and Wilcoxon, F., Contr. Boyce Thompson Inst. **4**, 1932, 107.
[2]) Profft, E., u. Körting, A., Landwirtsch. Jahrb. **79**, 1934, 415.
[3]) Sprengel, L., Weinbau u. Kellerwirtsch. **12**, 1933, 32.
[4]) Graham, J. J. T., Ind. Eng. Chem., Anal. Ed. **8**, 1936, 222; Chem. Ztrbl. 1937, I, 1765.
[5]) Deshusses, L. A. u. J., Mitt. Lebensmitteluntersuch. Hygiene **21**, 1930, 304.
[6]) Vollmar, R. C., Ind. Eng. Chem., Anal. Ed. **3**, 1931, 110.
[7]) Gnadinger, C. B., and Corl, C. S., Ind. Eng. Chem. **24**, 1932, 988.
[8]) Vgl. Chem.-Ztg. **62**, 1938, 63.
[9]) König, J., Untersuch. landwirtsch. wichtiger Stoffe, 5. Aufl., 1926, S. 878.

Fette und Öle

Zur chemischen Charakterisierung der fetten Öle[1]) bestimmt man die Gesamtfettsäuren, die Säurezahl (S.Z.), Verseifungszahl (V.Z.), Esterzahl (E.Z. = V.Z. — S.Z.), die unverseifbaren Bestandteile (U.V.), Reichert-Meißl-Zahl (R.M.Z., gibt niedrig molekulare Fettsäuren an), Azetylzahl (A.Z., gibt Hydroxylgruppen an), Jodzahl (J.Z., gibt ungesättigte Fettsäuren an), Rhodanzahl (Rh.Z.) und Hexabromidzahl (geben beide Linolensäure an), Oktobromidzahl (gibt hochungesättigte Fettsäuren an).

Seifen

Die Analyse erfolgt zweckmäßig nach den allgemeinen Prüfverfahren für Seifen- und Seifenpulver, eingetragen unter Nr. 871 A in die Liste des Reichsausschusses für Lieferbedingungen (RAL. Buchverlag, G. m. b. H., Berlin S 14).

Die *Gesamtfettsäuren* ermittelt man durch Ansäuern einer Lösung von 3—5 g Seife in Wasser, Ausäthern und Wägen der Fettsäuren. Unverseiftes Fett und Mineralöle werden hierbei allerdings mitbestimmt. *Harzsäuren* können gravimetrisch oder einfacher, aber weniger genau titrimetrisch bestimmt werden, indem man das Gemisch der Gesamtfettsäuren der Verseifung mit Methanol und Schwefelsäure unterwirft, wobei die Harzsäuren unverestert zurückbleiben. Unverseiftes *Neutralfett* und Unverseifbares bestimmt man nach Spitz-Hönig durch Ausschütteln einer Lösung von 10—15 g Seife in 60%igem Alkohol mit reinem Petroläther. Verseift man diesen Extrakt und behandelt ihn dann abermals nach Spitz-Hönig, so ergibt die Differenz zwischen dem ersten und zweiten Petrolätherextrakt den Gehalt an unverseiftem Neutralfett. *Freie Fettsäuren* werden mit alkoholischer Lauge in 60%igem Alkohol titriert und als Ölsäure berechnet. *Freies Alkali*, als welches NaOH und KOH gelten, wird durch Phenolphthaleinrötung absolut-alkoholischer Seifenlösung qualitativ erkannt und durch Titration mit alkoholischer Salzsäure in Gegenwart von entwässertem Natriumsulfat bestimmt. *Kohlensaures Alkali* ist annähernd im Geißlerschen Apparat durch die Gewichtsabnahme nach Entbindung der Kohlensäure durch Salzsäure, genauer nach Fresenius-Classen[2]) zu bestimmen. Für die *Wasser*bestimmung ist die Destillation mit Benzoldampf und Auffangen des mitgerissenen Wassers geeignet. *Nebenbestandteile* organischer und anorganischer Natur, Chloride, Wasserglas, Borate u. dgl. und der *Gebrauchswert* der Seifen können durch besondere Verfahren bestimmt werden.

Eine „Oberflächenspannungs-Titration" zur Bestimmung des Seifengehaltes in Lösungen beschreibt P. Ekwall.[3])

Verbesserungen für die üblichen Prüfverfahren gibt Grosser[4]) an. Eine technische Schnellanalyse beschreibt Paguiello.[5]) Leithe und Heinz[6]) bestimmen die Fettsäuren in wenigen Minuten refraktometrisch.

Naphthensäuren

Zur Charakterisierung der Qualität dienen Farbe, Geruch und Säurezahl. Zur Unterscheidung der Naphthenate von gewöhnlichen Seifen eignet sich das benzinlösliche Cu-Salz der ersteren[7]), ferner das Ferri- und das Mg-Salz.

Unterscheidungsmerkmale zwischen Naphthensäuren und Mineralölsulfosäuren geben v. Pilat und Sereda[8]) an.

---

[1]) Vgl. Ullmann, F., Enzyklopädie d. techn. Chemie **5**, 1929, 252.

[2]) Treadwell, F. P., **2**, 1913, 322—323.

[3]) Ekwall, P., Ref. Chem. Ztrbl. 1933, II, 3507.

[4]) Grosser, J., Seifensieder-Ztg. **56**, 1929, 127.

[5]) Paguiello, A., Nuova Riv. Olii vegetali Saponi **35**, 1935, 70—71; Chem. Ztrbl. 1936, I, 2859.

[6]) Leithe, W., u. Heinz, H. J., Ang. Chem. **49**, 1936, 412—414.

[7]) Charitschkow, K., Chem. Rev. Fett u. Harz Ind. **16**, 1909, 110; Chem. Ztg. **35**, 1911, 463.

[8]) v. Pilat, St., u. Sereda, J., Fettchem. Umschau **41**, 1934, 171—174, 200—204, 237—241; Chem. Ztrbl. 1935, I, 3229.

Sulfonierte Öle

Der Gesamtfettgehalt läßt sich durch Verseifen der Ester mit kochenden verdünnten Säuren bestimmen; benutzt man HCl, so kann gleichzeitig die gesamte Schwefelsäure ermittelt werden.

Die ausgeschiedenen Fettsäuren kann man volumetrisch durch das Volumen der geschmolzenen Schicht nach Finsler-Breinl oder gravimetrisch nach Ausäthern nach Herbig[1]) oder gravimetrisch durch die „Kuchenmethode"[2]) bestimmen.

Die anorganisch gebundene Schwefelsäure, also die anwesenden Sulfate, lassen sich durch Kochsalzlösung in Gegenwart von Äther ausziehen. Durch Abzug der an Alkali gebundenen Schwefelsäure von der Gesamtschwefelsäure ergibt sich das organisch gebundene SO_3, das aber auch direkt bestimmbar ist. Der Sulfierungsgrad in Prozenten ist gleich 100mal organisch gebundenes SO_3 dividiert durch (Gesamtfett + organisch gebundenes SO_3).

Bezüglich des praktischen Verhaltens interessiert im Pflanzenschutz besonders die Beständigkeit gegen Aussalzen, das Lösungsvermögen für flüchtige Stoffe, das Emulgierungsvermögen für Öle und das Netzvermögen. Die Beständigkeit gegen Aussalzen wird gegenüber Säuren, Alkalien, Kalkwasser, Kalziumazetat, $CaSO_4$ und $MgSO_4$ geprüft. Lösungs- und Emulgierungsvermögen für Zusätze kann man z. B. mit CCl_4 und Olivenöl prüfen, wobei die Löslichkeit bzw. Emulsionshaltbarkeit der Mischungen nach Verdünnen mit Wasser zu beobachten ist. Weiteres siehe Ullmann[3]) sowie „Deutsche Einheitsmethoden zur Untersuchung von Türkischrotölen, RAL 839 A, 1933" (Buchverlag, G.m.b.H., Berlin S. 14).

Eine Methode zur Bestimmung des Fettgehaltes sulfonierter Öle als Differenz zwischen 100 und der Summe von neutralisiertem, organisch gebundenem SO_3, Na oder NH_3 als Seife, anorganischen, nicht flüchtigen Verunreinigungen und Wasser gibt R. Hart[4]) an.

Die Bestimmung des Sulfations in sulfonierten Ölen beschreiben Neuber und Wächter.[5]) Zur Bestimmung anorganischer Salze vgl. auch Hart[6]), zur Bestimmung des organisch gebundenen SO_3 vgl. Hart[7]).

Die Analyse von sulfonierten Fettalkoholen (Fettalkohol-schwefelsäureestern) erfolgt nach Lindner, Russe und Beyer[8]) durch Verseifen mit siedender Salzsäure, Ausschütteln der Fettalkohole mit Petroläther und Trocknen des Petrolätherrückstandes, der die regenerierten Fettalkohole enthält. Aus an der Doppelbindung sulfonierten ungesättigten Alkoholen wird allerdings nicht der zugrundeliegende Alkohol rückgebildet. Für die angenäherte Bestimmung etwa vorhandener echter Sulfosäuren geben die Autoren ein besonderes Verfahren an.

Kasein

Die Analyse erfolgt zweckmäßig nach den Prüfverfahren des RAL. (Vertrieb: Beuth-Verlag, G. m. b. H., Berlin S 14). Milchsäurekasein ist in Boraxlösung im Gegensatz zu Labkasein löslich. Zur genaueren Kennzeichnung dienen unter anderem Wasser-, Asche-, Eiweiß-, Fett- und Säuregehalt.

Vgl. zur Wertbestimmung auch Bradford.[9])

---

[1]) Herbig, W., Chem. Umschau Fette, Öle, Wachse, Harze **13**, 1906, 243; Farben-Ztg. **23**, 1912, 90; **25**, 1914, 169.

[2]) Benedikt, R., Ztschr. f. chem. Ind. **1**, 1887, 325; Krüger, E., Chem. Ztg. **30**, 1906, 123.

[3]) Ullmann, F., Enzyklop. d. techn. Chem. **9**, 1932, 811.

[4]) Hart, R., Chem. Umschau Fette, Öle, Wachse, Harze **39**, 1932, 156; Chem. Ztrbl. 1932, II, 2560.

[5]) Neuber, F., u. Wächter, H., Z. f. analyt. Chem. **91**, 1933, 425; Chem. Ztrbl. 1933, I, 2483.

[6]) Hart, R., Ind. Eng. Chem., Analyt. Ed. **6**, 1934, 220; Chem. Ztrbl. 1934, II, 1546.

[7]) Hart, R., Am. Dyestuff Reporter **22**, 1934, 695; Chem. Ztrbl. 1934, II, 1546.

[8]) Lindner, K., Russe, A., u. Beyer, A., Fettchem. Umschau **40**, 1933, 93—96; Chem. Ztrbl. 1934, II, 2310.

[9]) Bradford, H. C., Paper Mill Wood Pulp News **66**, 1933, Nr. 8, 2; Chem. Ztrbl. 1933, I, 3145.

Leim, Gelatine

Der Glutingehalt läßt sich durch Fällen mit Gerbsäure auch in verdünntesten Lösungen bestimmen, ist aber ohne besonderen praktischen Wert. Am besten werden die für den Verwendungszweck entscheidenden physikalischen Eigenschaften direkt geprüft. Vgl. Ullmann.[1])

Saponine

Der Nachweis von Saponinen, insbesondere ihre Unterscheidung von anderen, in wässeriger Lösung schäumenden Glukosiden kann geführt werden durch Fällungs-, Farb- und biologische Reaktionen. Recht charakteristisch sind die Färbungen mit Schwefelsäure oder mit Azetanhydrid und Schwefelsäure. Sehr kennzeichnend für Saponine ist die Hämolyse besonders von Kaninchen- und Meerschweinchenblut und die Hemmung der Hämolyse durch Cholesterin.

Zur exakten Charakterisierung der Saponine benutzen Ulzer und Haas[2]) die Reduktionskraft des durch HCl abgespaltenen Zuckers (Zuckerzahl), die aus der Fettchemie bekannte Hydroxylzahl und andere Kennzahlen.

In Ölemulsionen kann Saponin nach Carlinfanti und Marzocchi[3]) durch Extraktion mit Alkohol, Ausschütteln dieser Lösung mit Phenol nach Brunner[4]) und Anstellung der Schwefelsäurefarbreaktion festgestellt werden.

Gerbsäuren

Gerbsäuren bestimmt man in wässerigen Auszügen nach der internationalen Hautpulvermethode als Differenz des Trockenrückstandes der Lösung vor und nach dem Fällen mit reinem Hautpulver. Statt Hautpulver kann man auch Gelatine verwenden. Nur für Gerbstoffe spezifisch ist die Leimfällung jedoch nicht. Andere Fällungsmittel für Tannine sind die Alkaloide.

Gummen

Die Wertbestimmung richtet sich nach dem Verwendungszweck. Den Säuregrad kann man mit Lauge und Phenolphthalein titrieren. Am wichtigsten ist die Viskosität der Lösungen, die den Zustand des Kolloids am besten kennzeichnet. Reinheitsprüfung vgl. D. A. B.

Dextrin, Stärke

Analyse vgl. Lunge-Berl oder Ullmann.[5])

Triäthanolamin

Zum Nachweis des Triäthanolamins in Seifen-, Fett- und Harzemulsionen schlagen Garelli und Tettamanzi[6]) die Farbreaktion mit Co^{II}-Salzen vor. Eine 1%ige wässerige Lösung gibt z. B. mit 2 Tropfen 5%iger $CoCl_2$-Lösung und 1 Tropfen Ammoniak eine starke purpurviolette, beim Erwärmen blauwerdende Färbung. Empfindlichkeitsgrenze 1 : 2000. Empfindlicher noch als diese Methode, die übrigens zum Nachweis des Triäthanolamins in Seifen und Emulsionen nicht brauchbar sein soll[7]), ist der Nachweis und die kolorimetrische Bestimmung mit Ni-Salzen.[8])

---

[1]) Ullmann, F., Enzyklopädie d. techn. Chemie **5**, 1929, 601.

[2]) Ulzer, F., u. Haas, W., Pharmaz. Mh. **15**, 1934, 95—97; Chem. Ztrbl. 1934, II, 1171.

[3]) Carlinfanti, E., u. Marzocchi, P., Boll. Chim. Pharm. **50**, 1911, 609.

[4]) Brunner, Ztschr. Unters. Nahrungs- u. Genußm. **5**, 1902, 1197.

[5]) Lunge-Berl, Chem.-techn. Untersuch. Meth. 7. Aufl., **4**, 1924, 118; Ullmann, F., Enzyklop. d. techn. Chem. **3**, 1929, 640.

[6]) Garelli, F., u. Tettamanzi, A., Ind. chimica **8**, 1933, 577—578; Chem. Ztrbl. 1933, II, 1064.

[7]) Simon, W. E., Pharmaz. Ztg. **79**, 1934, 842; Chem. Ztrbl. 1934, II, 2717.

[8]) Jaffe, E., Ind. chimica **9**, 1934, 151—153; Chem. Ztrbl. 1934, II, 642.

Hexalin

Das Hexalin wird aus der Seife in möglichst wasserfreiem Zustande herausgeholt. Dieses läßt sich mittels Xylol nach einer etwas umständlichen Weise erreichen. Man azetyliert die Hexaline in Xylollösung mit Azetanhydrid, zersetzt den Überschuß des letzteren mit Wasser, wäscht die Essigsäure gründlich aus, trocknet und bestimmt die Verseifungszahl des azetylierten Öles. Aus der Verseifungszahl des säurefrei gewaschenen Azetylierungsproduktes läßt sich der Alkoholgehalt der ursprünglichen Xylollösung berechnen.[1])

Wasser

Vgl. Klut, Untersuchung des Wassers an Ort und Stelle, 6. Aufl., Berlin 1931.

Talkum

Analyse: R. H. Auch.[2])

[1]) Näheres Seifensieder-Ztg. **51**, 1924, 859 u. 877.

[2]) Auch, R. H., Methoden zur Bewertung von Talk. Amer. Perfumer essent. oil Rev. **28**, 1933, 245—247; Chem. Ztrbl. 1933, II, 3057.

Handbuch
der
Pflanzenkrankheiten

Begründet von

Paul Sorauer

In sechs Bänden herausgegeben

von

Prof. Dr. Dr. h. c. Otto Appel
Geh. Reg.-Rat, Präsident der Biologischen Reichsanstalt
für Land- u. Forstwirtschaft in Dahlem a. D.

und

Prof. Dr. L. Reh
Hamburg

BERLIN
VERLAGSBUCHHANDLUNG PAUL PAREY
Verlag für Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwesen
SW 11, Hedemannstraße 28 u. 29
1939

Handbuch

der

Pflanzenkrankheiten

Sechster Band

Pflanzenschutz

Verhütung und Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten

Erster Halbband

Unter Mitarbeit von

Reg.-Rat Prof. Dr. H. Braun / Dr. W. Fischer / Oberreg.-Rat Dr. G. Hilgendorff Dr. H. Klinger / Oberreg.-Rat Prof. Dr. Morstatt / Präsident Dr. E. Riehm / Reg.-Rat Dr. H. Thiem / Dr. W. Tomaszewski / Oberreg.-Rat Dr. W. Trappmann Reg.-Rat Dr. A. Winkelmann

herausgegeben von

Prof. Dr. Dr. h. c. O. Appel

Geh. Regierungsrat

Mit 63 Textabbildungen

BERLIN

VERLAGSBUCHHANDLUNG PAUL PAREY

Verlag für Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwesen

SW 11, Hedemannstraße 28 u. 29

1939

ALLE RECHTE, AUCH DAS DER ÜBERSETZUNG, VORBEHALTEN
PRINTED IN GERMANY / COPYRIGHT 1939 BY PAUL PAREY, BERLIN
Druck von B. G. Teubner in Leipzig

Vorwort

Als Paul Sorauer im Jahre 1874 sein „Handbuch der Pflanzenkrankheiten" zum ersten Male herausgab, bestand dasselbe aus einem wenig umfangreichen Band, der in einem größeren Teil die Darstellung physiologischer Krankheiten und in einem kleineren die Beschreibung von Krankheiten, die durch Pflanzen hervorgerufen werden, brachte. Wenn auch das Buch dem damaligen Stande der Wissenschaft entsprach, so war es doch, gemessen an unserer heutigen Auffassung, außerordentlich lückenhaft und zeigte deutlich, daß eine planvolle Bearbeitung aller der Fragen, die zur Erhöhung unserer Erträge zu lösen nötig sind, noch nicht vorhanden war.

Die späteren Auflagen zeigten ein getreues Spiegelbild der Kenntnis der Pflanzenkrankheiten und ihrer Entwickelung. Aber bis zur 4. Auflage kann man deutlich erkennen, daß die naturwissenschaftliche Betrachtungsweise im Vordergrund stand. Erst in den letzten 30 Jahren hat man sich allmählich darauf besonnen, daß das Studium der Pflanzenkrankheiten nicht nur ein interessantes wissenschaftliches Problem, sondern vor allem eine wirtschaftliche Notwendigkeit bedeutet. Nachdem dann bei der 3. Auflage auch die tierischen Schädlinge mit in das Handbuch hereingezogen waren, gliederte es sich in drei ungefähr gleichwertige Teile, nämlich den der nichtparasitären Krankheiten sowie den der durch Pflanzen und den der durch Tiere hervorgerufenen Krankheiten und Schädigungen.

Der ganzen Anlage des Werkes nach ist die Darstellung entsprechend den Arbeiten auf diesem Gebiete auch heute noch vom Gesichtspunkte der Naturwissenschaften aus erfolgt, wenn auch mehr und mehr die praktisch wirtschaftliche Seite mit berücksichtigt wurde.

Inzwischen hat sich die Einsicht, die weitschauende Forscher schon seit langem hatten, daß nämlich die Pflanzenkrankheiten sowohl privat- als auch volkswirtschaftlich eine sehr große Rolle spielen, allmählich überall Bahn gebrochen, und daraus hat sich weiter ergeben, daß man sich auch mehr dem Ausbau der Bekämpfungsmaßnahmen zuwandte. Neben der Kenntnis der Ursachen und der Entwicklung der Pflanzenkrankheiten mußten nunmehr auch die Vorbeugung und die Heilung auf eine breitere wissenschaftliche Grundlage gestellt werden. So entstand in den letzten Jahrzehnten eine ganz neue Richtung, die als Pflanzenschutz zu bezeichnen ist. Nach wie vor bildet natürlich die eingehendste Kenntnis der gesunden und kranken Pflanzen die Grundlage aller dahingehenden Bestrebungen; aber mit der Entwicklung der verschiedenartigsten Hilfsmittel zu ihrer Bekämpfung wurden außer Botanik und Zoologie auch die Chemie und die Technik sowie die Kenntnis von gesetzgeberischen und Verwaltungs-Maßnahmen von immer größerer Wichtigkeit.

Dies veranlaßte mich schon vor Jahren zu dem Entschluß, das „Handbuch" um einen Band zu erweitern, der alle diese Belange in einer übersichtlichen Darstellung behandelt. Der Inhalt eines solchen Bandes muß neben der wirtschaftlichen Bedeutung des Pflanzenschutzes zunächst eine ausführliche Darlegung seiner Aufgaben bringen, die einerseits die Verhütung des Auftretens von Pflanzenkrankheiten und -schädlingen (Hygiene) und andererseits ihre Bekämpfung (Therapie) umfassen. Unter Hygiene fallen die Kultur-, Entseuchungs- und Absperrmaßnahmen, während die Therapie die physikalischen, chemischen und biologischen Methoden der Bekämpfung umfaßt. Dabei sind besonders auch die Methoden zu ihrer Prüfung und der daraus folgenden Kontrolle der Mittel in chemischer und biologischer Wirkung behandelt Aber auch die technischen Hilfsmittel, wie die verschiedenartigsten Apparate, bedurften einer einheitlichen Bearbeitung. Ein weiterer Teil umfaßt die Bewertung des Saat- und Pflanzgutes, wie er in der Saaten- und Pflanzgutanerkennung, der Samenkontrolle und der Feststellung von Sortenechtheit und -reinheit zum Ausdruck kommt. Auch die Fragen der Züchtung immuner Sorten sowie die biologische Bekämpfung mußten berücksichtigt werden.

Ferner mußte der Pflanzenschutzdienst, der inzwischen in einer ganzen Reihe von Staaten eingerichtet ist, in seinen Aufgaben und Einrichtungen grundlegend dargestellt werden, wie auch ein Überblick über die Pflanzenschutzgesetzgebung geschaffen werden mußte.

Endlich soll dieser Band auch einen zuverlässigen Führer durch die grundlegende Literatur geben.

Schon aus diesem Überblick ist ersichtlich, ein wie umfangreiches Material bearbeitet werden mußte. Es war daher auch nötig, diesen Band, wie Bd. I, in zwei Halbbänden erscheinen zu lassen.

Daß eine solche Darstellung, wenn sie den Charakter einer monographischen Bearbeitung tragen soll, nicht von einem Einzelnen, sondern von einer ganzen Anzahl von Spezialisten erfolgen muß, ist in der heutigen Zeit selbstverständlich. Eine solche Zusammenarbeit bringt aber auch allerlei Schwierigkeiten mit sich, um so mehr, als sich die einzelnen Abschnitte überschneiden und es nicht immer vermieden werden konnte, daß einzelne Fragen von verschiedenen Gesichtspunkten aus behandelt worden sind.

Auch ist bei der noch stark im Fluß befindlichen Materie es nicht zu vermeiden gewesen, daß manche Kapitel mehr lehrbuchmäßig dargestellt sind. Das hat aber andererseits den Vorteil, daß dadurch die noch bestehenden Lücken in unserem Wissen deutlicher hervortreten.

Wie schon bei den vorhergehenden von mir herausgegebenen Bänden, so habe ich auch diesmal wieder Herrn Oberregierungsrat Dr. Stapp ganz besonders zu danken für seine viel Mühe erheischende Mitarbeit bei der Herausgabe. Auch der Verlagsbuchhandlung bin ich zu großem Dank verpflichtet für das verständnisvolle Eingehen auf die sich während der Ausarbeitung ergebenden Wünsche und die damit verbundene Verzögerung der Fertigstellung der Handschrift. Endlich danke ich auch allen Bearbeitern der einzelnen Abschnitte für ihre Mitarbeit; ihre Namen finden sich auf dem Titelblatt und über jedem einzelnen der von ihnen bearbeiteten Abschnitte.

Wenn ich nun diesen neuen Band all' denen vorlege, die davon Nutzen haben sollen, so bin ich mir wohl bewußt, daß ihm vielleicht noch allerlei Mängel anhaften werden. Das ist selbstverständlich, da es sich um einen ersten Versuch handelt, ein verhältnismäßig junges Gebiet in einem Handbuch zusammenzufassen. Dankbar wäre ich jedem, der Verbesserungsvorschläge hat, wenn er mir dieselben mitteilte, damit ich sie in einer neuen Auflage, die ich noch zu erleben hoffe, berücksichtigen kann. Mein höchster Wunsch ist es aber, daß auch dieser Band Nutzen stiftet und allen denen, die im Pflanzenschutz tätig sind oder sich ihm zuwenden, ein wertvolles Hilfsmittel ist, zu dem sie gern greifen.

Berlin-Zehlendorf, im Dezember 1938. Dr. Otto Appel.

Inhaltsverzeichnis

Erster Abschnitt: Die wirtschaftliche Bedeutung des Pflanzenschutzes. Von Ober-Reg.-Rat Prof. Dr. H. Morstatt, Berlin-Dahlem 1

I. Schäden 2
1. Art der Schäden 2
2. Ermittlung der Schadenswerte 3
3. Schadenszahlen 9

II. Kosten der Pflanzenschutzmaßnahmen 13

III. Erfolge des Pflanzenschutzes 16

IV. Volkswirtschaftliche Bedeutung 21

V. Ernteschädenversicherung 23

VI. Staat und Pflanzenschutz 24

Zweiter Abschnitt: Die Aufgaben des Pflanzenschutzes

I. Die Verhütung des Auftretens von Pflanzenkrankheiten und -schädlingen (Hygiene). Von Reg.-Rat Prof. Dr. H. Braun, Berlin-Dahlem 26

A. Kulturmaßnahmen. Von Reg.-Rat Prof. Dr. H. Braun, Berlin-Dahlem 31

a) Standortsberücksichtigung 35
1. Berücksichtigung des Standortes als Ganzem 35
2. Berücksichtigung einzelner Standortsfaktoren 43
α) Klima 43 — β) Boden 47 — γ) Örtliche Lage 54.

b) Standortsverbesserung 56
1. Klimaverbesserung 57
2. Bodenverbesserung 64
3. Bodenbearbeitung 69
4. Düngung 76

c) Die Pflanze als unmittelbares Objekt hygienischer Kulturmaßnahmen 97
1. Fruchtwechsel 97
2. Sortenwahl 104
3. Saatgutauslese 112
4. Saatzeit 116
5. Saattiefe 124
6. Standweite 126

B. Entseuchungsmaßnahmen 131

a) Bodenentseuchung. Von Reg.-Rat Dr. H. Thiem, Berlin-Dahlem 131
Einleitung 131

I. Bodenentseuchung auf biologischem Wege 133

II. Bodenentseuchung auf physikalischem Wege 135
1. Mechanische Maßnahmen 135
α) Bewässerung 135 — β) Bodenaustausch 138.

2. Anwendung von Elektrizität 138
3. Anwendung von Wärme 139
α) Trockene Hitze 139 — β) Heißwasser 142 — γ) Dampf 143.

III. Bodenentseuchung auf chemischem Wege 151

A. Allgemeines 151

B. Mittel 153

1. Schwefel und Sulfide 153
α) Schwefel 153 — β) Schwefelwasserstoff 156 — γ) Schwefelkalkbrühe, Kalifornische Brühe 156.

2. Säuren 156
α) Schweflige Säure 156 — β) Schwefelsäure 157 — γ) Kohlensäure 158 — δ) Essigsäure 158 — ε) Ameisensäure 159.

3. Ammoniumverbindungen 159
α) Ammoniak und Ammoniumsulfat 159 — β) Ammoniumchlorid 161 — γ) Kalkstickstoff (Kalziumzyanamid) 161.

4. Arsenverbindungen 162

5. Leichtmetallverbindungen 164
α) Kaliumchlorid 164 — β) Kainit und Kaliumsulfat 164 — γ) Natriumfluorsilikat 165 — δ) Kalk 166 — ε) Chlorkalk 167.

6. Schwermetallverbindungen 168
α) Kupferverbindungen 168 — β) Sublimat, Kalomel 169 — γ) Uspulun 171 — δ) Germisan 172.

7. Gasförmige organische Verbindungen 172
α) Formaldehyd 172 — β) Paraformaldehyd 176 — γ) Blausäureverbindungen 176 — δ) Kalziumkarbid 181.

8. Chlorhaltige organische Verbindungen 182
α) Tetrachlorkohlenstoff 182 — β) Tetrachloräthan 183 — γ) Chlorpikrin 183 — δ) Paradichlorbenzol 185.

9. Schwefelhaltige organische Verbindungen 191
α) Schwefelkohlenstoff 191 — β) Kaliumsulfokarbonat 203 — γ) Kaliumxanthogenat 204.

10. Phenol- und Nitrophenolverbindungen 204
α) Karbolsäure, Kresol, Lysol 204 — β) Pikrinsäure 206.

11. Kohlenwasserstoffe und Mineralöle 206
α) Benzin, Benzol 206 — β) Diphenylmethan 207 — γ) Naphthalin 207 — δ) Erdöl 208.

12. Teeröl 209

b) Saat- und Pflanzgutentseuchung. Von Dr. E. Riehm, Präsident der Biologischen Reichsanstalt in Dahlem 210

1. Beizen des Getreides 211
α) Chemische Beizverfahren 211 — β) Physikalische Beizverfahren 225.

2. Beizen anderer Sämereien 231

3. Beizen von Knollen und Zwiebeln 237

4. Entseuchung von Stecklingen und ganzen Pflanzen 240

C. Absperrmaßnahmen (Quarantäne). Von Reg.-Rat Prof. Dr. H. Braun, Berlin-Dahlem 244

a) Umfang und wirtschaftliche Bedeutung der Verschleppung von Pflanzenschädlingen 244

b) Begriffsbegrenzung 248

c) Grundlagen der Pflanzenquarantäne 251
1. Wirtschaftliche Gesichtspunkte 251
2. Biologische Gesichtspunkte 254
d) Durchführung der Pflanzenquarantäne 258
1. Grenzschutz 261
α) Bedingungslose Einfuhrverbote 261 — β) Bedingte Einfuhr 266 — γ) Durchfuhr 275.
2. Sperrung der Seuchengebiete 277

II. Die Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten und -schädlinge

A. Physikalische Bekämpfungsmaßnahmen. Von Ober-Reg.-Rat Dr. W. Trappmann, Berlin-Dahlem 283
a) Mechanische Druckmaßnahmen 285
b) Maßnahmen der Fernhaltung 288
1. Fernhaltung durch Gitter als Schranken 288
2. Fernhaltung durch Leimflächen als Schranken 289
3. Fernhaltung durch Anbringen sonstiger Hindernisse 292
4. Fernhaltung durch Abschreckung 295
5. Fernhaltung von Witterungsschäden 298
c) Fangmaßnahmen durch Einsammeln 306
1. Maßnahmen des Einsammelns 306
2. Maßnahmen des Fangens 310
d) Fangmaßnahmen durch Anlockung 313
1. Ausnutzung des Schutzbedürfnisses 313
2. Ausnutzung des Wandertriebes 315
3. Ausnutzung des Lichttriebes 317
4. Ausnutzung des Bruttriebes 319
5. Ausnutzung des Nahrungstriebes 320
e) Anwendung von Wärme und Kälte 329
f) Anwendung von Elektrizität, Magnetismus und Strahlen 330

B. Chemische Bekämpfungsmaßnahmen. Von Ober-Reg.-Rat Dr. W. Trappmann, Ober-Reg.-Rat Dr. G. Hilgendorff, Reg.-Rat Dr. A. Winkelmann, Dr. W. Fischer, Dr. W. Tomaszewski, Berlin-Dahlem 333
a) Chemische Pflanzenschutzmittel 333

I. Anorganische Grundstoffe

1. Kupfer-, Quecksilber-, Blei-, Thalliumverbindungen 335
α) Kupferverbindungen 335 — β) Quecksilberverbindungen 363 — γ) Bleiverbindungen 366 — δ) Thalliumverbindungen 367.
2. K-, Na-, NH_4-, Ca-, Ba-, Mg-, Al-, Zn-, Mn-, Fe-, Cr-, Ce-Verbindungen 368
3. Arsenverbindungen 380
α) Geschichte der Anwendung der Arsenmittel 380 — β) Allgemeines über die Anwendung der Arsenmittel 382 — γ) Allgemeines über die Giftwirkung der Arsenmittel 386 — δ) Chemie der arsenhaltigen Pflanzenschutzmittel 405.
4. Schwefel und Sulfide 414
5. Phosphor und Phosphide 432
6. Fluorverbindungen 435
α) Geschichte der Anwendung der Fluormittel 435 — β) Allgemeines über die Anwendung der Fluormittel 436 — γ) Allgemeines über die Giftwirkung der Fluormittel 440 — δ) Chemie der Fluormittel 445.
7. Chlorate, Chlorite und Hypochlorite 447
8. Säuren und Peroxyde 453

II. Organische Grundstoffe ... 457

1. Gasförmige organische Verbindungen ... 457
2. Organische Chlor- und Chlornitroverbindungen ... 466
3. Phenole, Chlor- und Nitrophenole ... 469
4. Kohlenwasserstoffe, Mineral- und Teeröle ... 472
α) Kohlenwasserstoffe 472 — β) Mineralöle 474 — γ) Teeröle 484.
5. Organische Basen und Alkaloide ... 491
Nikotin und Nikotinverbindungen 495.
6. Stickstofffreie Drogen (Derris, Cubé, Pyrethrum, Quassia, Scilla) ... 504
α) Derris-Giftstoffe 506 — β) Pyrethrum 515 — γ) Quassia 522 — δ) Meerzwiebel 523.
7. Alkohole, Ketone, Säuren, Ester, organische Schwefelverbindungen, Furane, Farbstoffe ... 526

III. Beistoffe ... 532

1. Netzmittel, Emulgatoren, Schutzkolloide, Haftstoffe ... 532
α) Carbon- und sulfonsaure Salze 533 — β) Eiweißstoffe 538 — γ) Kohlehydrate 539 — δ) Glukoside 539 — ε) verschiedene organische Stoffe 540 — ζ) anorganische Stoffe 541.
2. Streckmittel, Trägerstoffe ... 541
Flüssige Trägerstoffe 541 — Feste Trägerstoffe 543.
3. Farb-, Riech-, Geschmacks-, Reiz- und Warnstoffe ... 543

b) Biologische Prüfung von Pflanzen- und Vorratsschutzmitteln. Von A. Winkelmann und H. Klinger ... 545

1. Prüfung von Fungiziden und Mitteln zur Bekämpfung von Unkräutern 547
2. Prüfung von Pflanzenschutzmitteln gegen tierische Schädlinge ... 553
3. Prüfung von Mittel gegen Vorratsschädlinge ... 560

c) Physikalische und chemische Prüfverfahren. Von Ober-Reg.-Rat Dr. G. Hilgendorff und Dr. W. Fischer ... 563
Die physikalischen Eigenschaften der Pflanzenschutzmittel ... 563

1. Eigenschaften der Stäubemittel ... 563
2. Eigenschaften der Spritzmittel ... 570
3. Eigenschaften besonderer Mittel ... 573

Die chemischen Bestandteile der Pflanzenschutzmittel ... 573

Kupfer ... 573
Quecksilber ... 578
Thallium ... 583
Eisenvitriol ... 584
Kalk ... 585
Arsen ... 586
Allgemeine Methoden 586 — Besondere Methoden 591
Schwefel ... 597
Schwefelkalkbrühe, Na-, K-, NH_4-, Ba-Polysulfide ... 599
Schwefelkohlenstoff ... 603
Phosphor ... 604
Phosphide ... 605
Fluorverbindungen ... 606
Natriumchlorat ... 609
Äthylenoxyd ... 609
Formaldehyd ... 610
Blausäure und Zyanide ... 613
Organische Halogenverbindungen ... 615
Phenole ... 615
Nitrophenole ... 616

Mineralöle ... 617
Teeröle ... 621
Naphthalin ... 623
Nikotin ... 624
Strychnin ... 629
Veratrin ... 631
Anabasin ... 631
Derris und andere Rotenonpflanzen ... 632
Pyrethrum ... 637
Scilla ... 643
Quassia ... 643
Fette und Öle ... 644
Seifen ... 644
Naphthensäuren ... 644
Sulfonierte Öle ... 645
Kasein ... 645
Leim, Gelatine, Saponine, Gerbsäuren, Gummen, Dextrin, Stärke, Triäthanolamin ... 646
Hexalin, Wasser, Talkum ... 647

II. Die Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten und -schädlinge

(Fortsetzung)

C. Biologische Bekämpfungsmaßnahmen

Von Regierungsrat Dr. Hans Sachtleben, Berlin-Dahlem

Biologische Bekämpfung[1]) bedeutet nicht, wie der Name in weiterem Sinne aufgefaßt werden könnte, jede Schädlingsbekämpfung mit anderen als physikalischen oder chemischen Mitteln; sonst müßten viele Kulturmaßnahmen, wie Fruchtwechsel, Standorts- oder Sortenwahl, Beseitigung von Ernterückständen, ferner die Verwendung von Fangpflanzen, die Anköderung mit Hilfe von Pflanzen oder Tieren, die Beseitigung oder Ausschaltung von Zwischenwirten, der Entzug von Eiablageplätzen oder Brutstätten, sowie endlich auch die Züchtung widerstandsfähiger oder immuner Sorten als biologische Bekämpfung bezeichnet werden. Im Gegensatz hierzu hat sich als heute gültige Begriffsbestimmung herausgebildet: Biologische Bekämpfung ist die Verwendung von

---

[1]) Sweetman, H. L., The Biological Control of Insects. Ithaca, N. Y., 1936 gibt eine zusammenfassende Darstellung der theoretischen Grundlagen und der praktischen Maßnahmen der biologischen Bekämpfung von Insekten und Unkräutern nebst Ausführungen über Klassifikation, Morphologie, Ökologie, Physiologie und Zucht der wichtigsten bei dieser Methode verwendeten Organismen. Weitere Literatur: Martin, H., The Scientific Principles of Plant Protection. London 1928; Myers, J. G., Biological Control. Tropic. Agric. **6**, 1929, 163—165; [Stirm, A.] — asm —, Biologische Schädlingsbekämpfung. Chemiker-Ztg. **59**, 1935, 724—725; Thompson, W. R., The Principles of Biological Control. Ann. Appl. Biol. **17**, 1930, 306—338; Trappmann, W., Schädlingsbekämpfung. Leipzig 1927; Wahl, B., Die biologische Methode der Bekämpfung von Pflanzenschädlingen. Verhandl. 4. Tagung u. Hauptversamml. Österr. Obstbau- u. Pomol. Gesellsch. Sonderdruck, Wien 1914; Wardle, R. A., The Problems of Applied Entomology. Neuyork 1929; Wardle and Buckle, P., The Principles of Insect Control. Manchester 1923; Golubeva, M. M., Obolenski, S. J., Meyer, N. F., u. Pospelov, V. P. [Die biologische Methode der Bekämpfung landwirtschaftlicher Schädlinge.] Moskau 1933 (russ.). Nach Referat in: Rev. Appl. Entom., Ser. A, **22**, 1934, 158—159. — Vgl. ferner die Literatur bei den einzelnen Kapiteln, insbesondere bei „Verwendung von Insekten zur Bekämpfung von Schadinsekten", da sich die Mehrzahl der Veröffentlichungen über biologische Bekämpfung auf dieses wichtigste Teilgebiet der Methode bezieht.

Lebewesen zur aktiven Verminderung oder Vertilgung schädlicher Tiere oder Pflanzen.

Die erste Mitteilung in der wissenschaftlichen Literatur über eine Maßnahme der biologischen Bekämpfungsmethode stammt von Linné[1]), der anläßlich eines Besuches von Lund folgendes berichtet: „Der Herr Bürgermeister hatten sich Schnecken *Cochleae nemorum* von Malmö geschaffet, und sie in seinem Garten auf Apfelbäumen gepflanzet, damit sie die Bäume von Mooß und Baumläusen frey halten möchten. Es ist diese Erfindung nicht so übel, wenn nur vorher ist erforschet worden, ob diese Schnecken den Blättern und Blumen keinen Schaden thun." Die nächste Nachricht gibt Linnés Schüler Forskål[2]), der in dem Bericht über seine Reise in Arabien mitteilt, daß dort zur Bekämpfung einer Ameisenart, welche die Dattelpalme schädigt, eine andere Ameisenart verwendet und zu diesem Zweck in großer Zahl, als Kamellast, herbeigeschafft wird. Auch in China soll eine ähnliche Maßnahme bereits seit dem 12. Jahrhundert zur Bekämpfung der Schädlinge von Orangen- und Mandarinenbäumen in Gebrauch sein; Ameisen, die von einer besonderen Arbeiterklasse, den „Ameisensammlern", gesammelt werden, werden in die Gärten gebracht, deren Bäume durch Bambusrohr verbunden werden, um den Ameisen die Beutesuche zu erleichtern.[3]) In Südchina wird zu diesem Zwecke die Weberameise *Oecophylla smaragdina F.* verwendet, deren Nester in den Bäumen aufgehängt werden; doch ist die wirtschaftliche Bedeutung fraglich, da Schildläuse nicht und Blattläuse nur in geringem Umfange gefressen werden.[4])

Auf die Möglichkeit der biologischen Bekämpfung hat als erster[5]) F. A. Notarianni[6]) in seiner Arbeit „Sulla mosca degli ulivi" und wenige Jahre später auch Erasmus Darwin[7]) in seiner 1800 erschienenen „Phytologia, or the Philosophy of Agriculture and Gardening" hingewiesen. Kirby und Spence[8]) sprechen 1816 die Ansicht aus, daß Coccinelliden mit großem Nutzen zur Vertilgung von Blattläusen verwendet werden könnten, wenn es gelänge, sie künstlich in Massen zu züchten. Hartig machte 1827 den Vorschlag, zur Bekämpfung des Kiefernspinners „Raupenzwinger" im Walde anzulegen, in denen auf leichte und billige Art Schlupfwespen gezogen werden könnten.[9]) Ratzeburg, der sich

---

[1]) Linné, C., Reisen durch das Königreich Schweden. Bd. I, Leipzig 1756, S. 255.

[2]) Descriptiones animalium, avium, amphibium, piscium, insectorum, vermium; quae in itinere orientali observavit P. Forskål. Post mortem auctoris edidit Carsten Niebuhr. Hauniae 1775, p. 85.

[3]) Escherich, K., Die Ameise. 2. Aufl. Braunschweig 1907, S. 259—260; Myers, J. G., The Biological Control of Cotton Pests, Emp. Cotton Grow. Rev. **5**, 1928, Nr. 2.

[4]) Groff, G. W., and Howard, C. W., The Cultivated Citrus Ant of South China. Lingnaam Agric. Rev. **2**, 1925, 108—114.

[5]) Nach Myers (1928): Bernardin de Sainte-Pierre 1784.

[6]) Campbell, C., A proposito di una nota sui precursori nell'applicazione degli insetti carnivori a diffesa delle piante collivate. Redia **6**, 1910, 193—195.

[7]) Riley, W. A., Erasmus Darwin and the Biological Control of Insects. Science **73**, 1931, 475—476.

[8]) Kirby, W., and Spence, W., An Introduction to Entomology. Bd. I. (Deutsche Übersetzung: Bd. I, Stuttgart 1823, p. 292—293.)

[9]) Hartig, G. L., Anleitung zur Vertilgung oder Verminderung der Kiefern-Raupen. Berlin 1827, S. 27—31.

gegen diesen Vorschlag wandte, hat auch im übrigen sehr klar über die Möglichkeiten der biologischen Bekämpfung gesehen, indem er für die Nutzbarmachung einheimischer nützlicher Insekten (für die Einführung nützlicher Insekten lagen damals noch keine Fälle vor) nur solche Maßnahmen empfahl, die sich auch in der Folgezeit als zu den wenigen der auf diesem Gebiete der biologischen Bekämpfungsmethode brauchbaren gehörig gezeigt haben, wie die Übertragung von Parasiten aus einem Bestand in den anderen oder die Ansiedlung der roten Waldameise.[1])

Die ersten praktischen Versuche wurden um 1880 von Boisgiraud in Frankreich durchgeführt, der den Puppenräuber *Calosoma sycophanta L.* bei Poitiers auf Pappeln aussetzte, die von Schwammspinnerraupen, *Lymantria dispar L.*, befallen waren; zur Bekämpfung des Ohrwurms, *Forficula auricularia L.*, setzte er in seinem Garten *Staphylinus olens Müll.* und *Carabus auratus L.* aus, von denen *St. olens* gute Erfolge brachte, während *C. auratus* versagte, da er ein Tagtier und *F. auricularia* ein Nachttier ist.[2]) Durch diese Versuche wurde die technische Kommission der „Società d'incorreggiamento delle arti e mestieri" in Mailand 1843 veranlaßt, für 1845 den Preis einer goldenen Medaille für erfolgreiche Versuche zur Bekämpfung eines landwirtschaftlichen Schädlings mit Hilfe carnivorer Insekten auszusetzen. Für dieses Preisausschreiben reichte Antonio Villa am 26. Dezember 1844 eine Schrift ein, die 1845 gedruckt wurde.[3]) Er berichtet in ihr über seine 1843 begonnenen und 1844 fortgeführten Versuche: In seinem Garten in Desio (Prov. Mailand) traten verschiedene Schädlinge auf: *Bruchus sp., Epicometis (Cetonia) hirta Poda* und *Oxythyrea funesta Poda (Cetonia stictica L.), Pieris brassicae L.* und *napi L.* sowie besonders *Forficula auricularia L.* Villa sammelte nun von Juni 1843 an in der Umgebung Carabiden und Staphyliniden, die er in seinem Garten aussetzte; im Herbst 1843 konnte er bereits zahlreiche Bruchstücke von Schadinsekten feststellen, die von den Raubkäfern gefressen worden waren. Die Abnahme der Schädlinge war besonders im nächsten Jahre in seinem Garten deutlich bemerkbar; so wurden vor allem dort keine Forficuliden mehr festgestellt, während sie in anderen Gärten und in den Feldern der Umgebung nicht selten auftraten. Eine Kritik der Versuche Villas wurde 1845 von C. Bassi veröffentlicht, auf die Villa seinerseits in zwei Aufsätzen 1846 und 1847 antwortete.[4])

Die eben geschilderten Vorschläge und Versuche bezogen sich auf die Nutzbarmachung einheimischer nützlicher Insekten (weitere sind unten in dem ent-

---

[1]) Ratzeburg, J. Th. Ch., Die Forst-Insecten. Bd. II, Berlin 1840, S. 14—17, 33—39; Die Waldverderber und ihre Feinde. Berlin 1841, S. 9—11; Die Ichneumonen der Forstinsekten. Bd. I, Berlin 1844, S. 30—33. (Vgl. bei „Nutzbarmachung einheimischer nützlicher Insekten".)

[2]) Joly, N., Notice sur les ravages que la *Liparis dispar (Bombyx dispar Latr.)* a exercés aux environs de Toulouse, suivie de quelques réflexions sur un nouveau moyen de détruire certains insectes nuisibles. Rev. zool. Soc. Cuvierienne, 1842, 115—119; Trotter, A., Due precursori nell'applicazione degli insetti carnivori a difesa delle piante coltivate. Redia 5, 1908, 126—132.

[3]) Villa, A., Degli insetti carnivori adoperati a distruggere le specie dannose all'agricultura. Estratta dallo Spettatore 3, no. 19, 1845, 35 pp.

[4]) Trotter, Redia, 5, 1908, 131—132.

sprechenden Abschnitt angeführt). Der erste Vorschlag, nützliche Insekten aus einem Land in ein anderes einzuführen, wurde 1855 von Asa Fitch gemacht, der, jedoch erfolglos, versuchte, Parasiten der Weizengallmücke, *Contarinia tritici* Kirby, aus England zur Einführung in die Vereinigten Staaten zu erhalten. Der erste Versuch zur Einführung nützlicher Insekten wurde 1873 von Planchon und Riley unternommen, welche die Milbe *Tyroglyphus phylloxerae Ril.* aus den Vereinigten Staaten zur Bekämpfung der Reblaus in Frankreich importierten; 1874 wurde *Coccinella undecimpunctata L.* von England nach Neuseeland zur Bekämpfung von Blattläusen eingeführt, 1883 *Apanteles glomeratus L.* aus Europa in die Vereinigten Staaten zur Bekämpfung von *Pieris rapae L.*[1]) 1889 gelang die (unten eingehender geschilderte) Einbürgerung des aus Australien zur Bekämpfung der Schildlaus *Icerya purchasi Mask.* eingeführten Marienkäfers *Rodolia cardinalis Muls.* in Kalifornien; sie war der erste große Erfolg der biologischen Bekämpfung, der die weitere Entwicklung und Anwendung der Methode wesentlich beeinflußt hat.

Der Ausgangspunkt der biologischen Bekämpfungsmethode, sowohl bei den oben erwähnten Vorschlägen und Maßnahmen wie auch bei der Verwendung anderer nützlicher Tiere und den Versuchen mit Mikroorganismen, deren erster 1878 von Metschnikoff mit einem insektentötenden Pilz durchgeführt wurde, war rein praktischer Art. Die Beobachtung, daß die Schädlinge, insbesondere die Schadinsekten, durch Parasiten, Feinde und Krankheiten vermindert und oft sogar, wie im Endstadium einer Raupenkalamität, fast zum Verschwinden gebracht wurden, führte zu dem Gedanken, diese Lebewesen künstlich zur Verminderung oder Vertilgung von Schädlingen zu benutzen. Die empfohlenen und zur Anwendung gebrachten Maßnahmen waren daher auch, und zwar weit über die Anfangsperiode der biologischen Bekämpfungsmethode hinaus, empirischer Art und reine Versuche, deren Ausgang bei Beginn nicht vorausgesehen werden konnte. Die theoretischen Grundlagen der biologischen Bekämpfungsmethode[2])

---

[1]) Howard, L. O., and Fiske, W. F., The Importation into the United States of the Parasites of the Gipsy Moth and the Brown-tail Moth. U. S. Dept. Agric., Bur. Entom., Bull. **91**, 1911, 23—24.

[2]) Die theoretischen Grundlagen der biologischen Bekämpfung und die mathematische Theorie der Wirkung von Parasiten sind besonders von W. R. Thompson in folgenden Arbeiten behandelt: Théorie de l'action des parasites entomophages. Les formules mathématiques du parasitisme cyclique. Compt. Rend. Acad. Sci. France **174**, 1922, 1201—1204; Étude mathématique de l'action des parasites entomophages. Durée du cycle parasitaire et accroissement de la proportion d'hôtes parasites. Ebd. 1433—1435; Étude de quelques cas simples de parasitisme cyclique chez les insectes entomophages. Ebd., 1647—1649; Théorie de l'action des parasites entomophages. Accroissement de la proportion d'hôtes parasités dans le parasitisme cyclique. Ebd. **175**, 1923, 65—68; La théorie mathématique de l'action des parasites entomophages. Rev. Gén. Sci., **34**, 1923, 202—210; Théorie mathématique de l'action des parasites entomophages et le facteur du hasard. Ann. Fac. Sci. Marseille, (2), **2**, 1924, 69—89; On Natural Control. Parasitology, **21**, 1929, 269—281; On the Effect of random Oviposition on the Action of Entomophagous Parasites as Agents of Natural Control. Ebd. 180—188; On the Part played by Parasites in the Control of Insects living in protected Situations. Bull. Entom. Res. **20**, 1929, 457—462; The Principles of Biological Control. Ann. Appl. Biol. **17**, 1930, 306—338; The Biological Control of Insect and Plant Pests. London 1930; The Utility of Mathematical Methods in Relation to Work on Biological Control. Ann. Appl. Biol. **17**, 1931, 641—648; On the Reproduction of Organisms with Overlapping Generations. Bull.

hängen so eng mit dem erst im letzten Jahrzehnt eingehender erforschten Problem des „Massenwechsels" zusammen, daß auch sie erst richtiger beurteilt werden konnten, nachdem die verschiedenen Faktoren, welche die Individuenzahl eines Lebewesens regeln, und ihre Wirkung näher erkannt waren. Parasiten, Feinde und Krankheiten bilden bei der Verminderung ihres Wirtes nur einen Teilfaktor neben den anderen biologischen und den abiotischen Faktoren; sie sind als Lebewesen ihrerseits zahlreichen vermindernden Einflüssen der belebten und unbelebten[1]) Umwelt ausgesetzt und schon daher bei der Verwendung zur Bekämpfung von Schädlingen den technischen Maßnahmen unterlegen, zum mindesten aber unsicherer. Schon die Betrachtung nur eines der wichtigsten Faktoren, der Abhängigkeit der Parasiten von der Bevölkerungsdichte ihres Wirtes[2]), zeigt, daß die übertriebenen Hoffnungen, die man in den Anfängen der biologischen Bekämpfungsmethode in sie setzte, und die auch heute noch häufig von Laien geäußert werden, nicht erfüllt werden können. Die praktischen Versuche haben denn auch bewiesen, daß — abgesehen von einigen günstigen Sonderfällen der Verwendung von Mikroorganismen, in denen sich diese jedoch in der Anwendung wie chemische Mittel und nur in der Wirkung von diesen verschieden erwiesen — die biologische Bekämpfung nur dort dauernde Erfolge gebracht hat, wo auch die theoretischen Erwägungen dies voraussehen lassen, nämlich bei der Einführung von Insekten zur Bekämpfung eingeschleppter Schadinsekten oder Unkräuter oder in solchen Fällen, z. B. Mücken vertilgende Fische oder Überführung einheimischer nützlicher Insekten von einem Ort an einen anderen, die ähnlichen Prinzipien unterliegen.

Im Rahmen dieses Kapitels des „Handbuches der Pflanzenkrankheiten" ist es nicht möglich, die außerordentlich umfangreiche Literatur über die biologische Bekämpfungsmethode vollständig auszuwerten; die Aufführung der Titel allein dürfte wohl den Umfang dieses Kapitels erreichen! Ebensowenig kann näher auf die wirtschaftliche Bedeutung der erwähnten Organismen an sich (z. B. „Nutzen und Schaden der Vögel") oder auf Grundfragen, wie z. B. den Parasitismus und seine Besonderheiten, eingegangen werden.[3]) Auch wird im folgenden im allgemeinen der „Nützlingsschutz"[4]), soweit er sich nur auf Schonung und Er-

Entom. Res. **22**, 1931, 147—172. — Weitere Literatur: Marchal, P., Utilisation des insectes auxiliaires entomophages dans la lutte contre les insectes nuisibles à l'agriculture. Ann. Instit. Nat. Agron., 2. sér, **6**, 1907, 281—354; Nicholson, A. J., and Bailey, V. A., The Balance of Animal Populations. Part I. Proc. Zool. Soc. London 1935, 551—598; Smith, H. S., The Rôle of Biotic Factors in the Determination of Population Densities. Journ. Econ. Entom. **28**, 1935, 873—898; Speyer, W., Entomologie. Dresden und Leipzig 1937, S. 62—74, 84—150; Sweetman, H. L., Ecological Studies in Relation to the Distribution and Abundance of Economic Pests. Journ. Econ. Entom. **26**, 1933, 320—325; The Biological Control of Insects, 1936, p. 1—27.

[1]) Shelford, V. E., The Relation of Abundance of Parasites to Weather Conditions. Journ. Econ. Entom. **19**, 1926, 283—289.

[2]) Auf die schon Ratzeburg (Forst-Insecten. Bd. II, Berlin 1840, S. 15) klar hingewiesen hat. — Vgl. auch Gause, G. F., Über einige quantitative Beziehungen in der Insekten-Epidemiologie. Ztschr. angew. Entom. **20**, 1934, 619—623.

[3]) In dieser Hinsicht sei auf das Buch von H. L. Sweetman, „The Biological Control of Insects", Ithaca, 1936, verwiesen.

[4]) Eingehend behandelt z. B. in: Fulmek, L., und Ripper, W., Nützlinge in Garten, Feld und Wald. Stuttgart 1935.

haltung von Nützlingen bezieht, höchstens gestreift und das Hauptgewicht auf die Betrachtung der biologischen Bekämpfung im engeren Sinne, der planmäßigen Verwendung von Lebewesen zur Verminderung oder Vertilgung anderer schädlicher Tiere oder Pflanzen gelegt werden.

Wie die folgende von Myers[1]) gegebene Aufstellung zeigt, die jedoch noch nicht alle Fälle berücksichtigt, sind die Möglichkeiten der biologischen Bekämpfung zahlreich. Sie können bestehen in der

I. Bekämpfung schädlicher Tiere:
  A. durch andere Tiere:
    1. von Nematoden durch räuberische Nematoden,
    2. von Mollusken durch Wirbeltiere,
    3. von Insekten oder anderen Arthropoden durch
      a) Milben, b) andere Insekten, c) Vögel, d) andere Wirbeltiere,
    4. von Wirbeltieren durch andere Wirbeltiere;
  B. durch Pflanzen:
    1. von Insekten und anderen Arthropoden durch
      a) Bakterien, b) parasitische Pilze, c) Algen, d) Phanerogamen,
    2. von schädlichen Wirbeltieren durch Bakterien.
II. Bekämpfung schädlicher Pflanzen (Unkräuter) durch
    1. Insekten,
    2. Milben,
    3. Pilze,
    4. Bakterien.

Von diesen Möglichkeiten sind in größerem Maße nur die Verwendung von Mikroorganismen (künstliche Erregung von Bakterien-, Pilz- und Polyederkrankheiten), von Wirbeltieren sowie von Insekten (zur Bekämpfung von Schadinsekten und Unkräutern) versucht worden, worüber in den nächsten Abschnitten berichtet wird. Die übrigen Möglichkeiten sind, wie der folgende Überblick, in den noch einige weitere Möglichkeiten aufgenommen sind, zeigt, bisher teils nur vorgeschlagen, teils nur in wenigen Fällen versucht worden.

Auf die Möglichkeit der Verwendung von Bakterien zur Bekämpfung von Pilzen haben Petri[2]) und Nowogrudskij[3]) hingewiesen, auf die Möglichkeit der Verwendung von Pilzen zur Bekämpfung von Pilzen Tubeuf und Allen & Haenseler: Tubeuf[4]) empfahl die Bekämpfung des Weymouthskiefernblasenrostes, *Cronartium ribicola Dietr. (Peridermium strobi Kleb.)*, durch seinen Parasiten *Tuberculina maxima Rostr.*; wie Lechmere[5]) und Spaulding[6]) mitgeteilt haben, war jedoch ein praktischer Versuch nicht ermutigend. In den Ver-

[1]) Myers, J. G., Biological Control. Tropic. Agric. **6**, 1929, 163—165.

[2]) Petri, L., Un batterio parassito di alcuni Phytophthoreae. Boll. R. Staz. Patol. Veget., n. s., **7**, 1927, 457—464.

[3]) Nowogrudskij, D., [Die Benutzung der Mikroben im Kampf gegen Pilzkrankheiten der Kulturpflanzen.] Isw. Akad.Nauk., Ser. biol. **1**, 1936, 272—292.

[4]) Tubeuf, C. v., Biologische Bekämpfung von Pilzkrankheiten der Pflanzen. Naturw. Ztschr. Forst- u. Landwirtsch. **12**, 1914, 11—19; Blasenrost der Weymouthskiefer. Ztschr. Pflanzenkrankh. u. Pflanzensch. **36**, 1926, 143—146.

[5]) Lechmere, E., *Tuberculina Maxima Rostr.* Ein Parasit auf dem Blasenrost der Weymouthskiefer. Ztschr. Pflanzenkrankh. **12**, 1914, 491—498.

[6]) Spaulding, P., White-Pine Blister Rust: A Comparison of European with North American Conditions. U. S. Dept. Agric., Techn. Bull. **87**, 1929, 39—40.

suchen von Allen & Haenseler[1]) verhinderte eine Trichoderma-Art, wie vermutet wird durch Abgabe einer toxischen Substanz, die Entwicklung von *Rhizoctonia* und *Pythium* an Keimpflanzen.[2])

Die Verwendung räuberischer Nematoden gegen pflanzenschädliche Nematoden wurde von Cobb[3]) und Steiner & Heinly[4]) vorgeschlagen. Trotz des häufigen Auftretens von Würmern aus den Ordnungen *Nematodes* (Fam. *Anguillulidae* und *Mermithidae)* und *Nematomorpha (Gordiidae)* als Insektenparasiten (eine ausgesprochene Heuschreckenepidemie durch *Agamermis ferruginea Leidy* haben Glaser & Wilcox[5]) 1917 in Süd-Vermont, USA., beobachtet) sind bisher nur wenige Versuche über ihre Verwendbarkeit zur biologischen Bekämpfung von Insekten angestellt worden, für die Fuchs[6]) und gegen die Wülker[7]) und Bodenheimer[8]) sich ausgesprochen haben. Auf Hawaii durchgeführte Versuche gegen *Coptotermes formosanus* mit *Rhabditis*-Arten, die aus Celebes und Borneo stammten, schlugen fehl.[9]) Cobb, Steiner & Christie[10]) gelang es, Heuschrecken *(Melanophus femur-rubrum Deg.)* künstlich mit *Agamermis decaudata Cobb, Steiner & Christie* zu infizieren.[11]) Glaser[12]) glückte es 1931, den 1929

[1]) Allen, M. C., and Haenseler, C. M., Antagonistic Action of *Trichoderma* on *Rhizoctonia* and other Soil Fungi. Phytopath. **25**, 1935, 244—252.

[2]) Die Mitteilungen über pilzfressende Insekten (Friederichs, K., Über *Phalacrus corruscus* als Feind der Brandpilze des Getreides und seine Entwicklung in brandigen Ähren. Arb. K. Biol. Anst. Land- u. Fortwirtsch. **6**, 1908, 38—52; Laubert, R., Rostpilzvertilgende Mückenlarven. Dtsch. Landw. Presse **34**, 1907, 618; Haben die Schmarotzerpilze der Pflanzen natürliche Feinde? Die Gartenwelt **29**, 1925, 858—859; Quanjer, H. M., Onderzoekingen naar aanleiding van het heftig optreden van de Brandzwam *Ustilago bromivora* in een om het zaad gewkeekte grassoort. Tijdschr. Plantenz. **19**, 1913, 137—152; Schilder, F. A., und M., Die Nahrung der Coccinelliden und ihre Beziehung zur Verwandtschaft der Arten. Arb. a. d. Biol. Reichsanst. **16**, 1928, 213—282; Strouhal, H., Pilzfressende Coccinelliden *(Tribus Psyllobori ni)*. Ztschr. wiss. Insekten-Biol. **21**, 1926, 131—144) haben nur wissenschaftliches Interesse.

[3]) Cobb, N. A., Transference of Nematodes (Mononchs) from Place to Place for Economic Purposes. Science **51**, 1920, 640—641.

[4]) Steiner, G., and Heinly, H., The Possibility of Control of *Heterodera radicicola* and other Plant-injurious Nemas by Means of Predatory Nemas, especielly by *Mononchus papillatus* Bastian. Journ. Washington Acad. Sci. **12**, 1922, 367—386.

[5]) Glaser, R. W., and Wilcox, A. M., On the Occurence of a Mermis epidemic among Grasshoppers. Psyche **25**, 1918, 12—15.

[6]) Fuchs, G., Die Naturgeschichte der Nematoden und einiger anderer Parasiten (1) des *Ips typographus L.*, (2) des *Hylobius abietis L.* Zool. Jahrb., Abt. Syst. **38**, 1915, 108—222; Die Parasiten einiger Rüssel- und Borkenkäfer. Ztschr. Parasitenkunde **2**, 1929, 248—285.

[7]) Wülker, G., Die Parasiten und Feinde des großen braunen Rüsselkäfers. Ztschr. angew. Entom. **8**, 1922, 413—420.

[8]) Bodenheimer, F. S., Die parasitären Beziehungen zwischen Würmern und Insekten. Ztrbl. Bakt., II. Abt., **58**, 1923, 220—242.

[9]) Zwaluwenburg, R. H. van, The Interrelationships of Insects and Rundworms. Bull. Exper. Station Hawaian Sugar Plant. Assoc., Entom. Ser., Bull. **20**, 1928, 10.

[10]) Cobb, N. A., Steiner, G. and Christie, J. R., *Agamermis decaudata Cobb, Steiner*, and *Christie;* a Nema Parasite of Grasshoppers and other Insects. Journ. Agric. Res. **23**, 1923, 921—926.

[11]) Die Versuche von H. B. Hungerford (Biological Notes on *Tetradonema plicans Cobb*, a Nematode Parasite of *Sciara coprophila Lint.* Journ. Parasit. **5**, 1919, 186—192) waren ebenfalls nur Laboratoriumsversuche.

[12]) Glaser, R. W., and Farrell, C. C., Field Experiments with the Japanese Beetle and its Nematode Parasite. Journ. New York Entom. Soc. **43**, 1935, 345—371.

als Parasit von *Popillia japonica Newm.* („japanese beetle") in New Jersey entdeckten Nematoden *Neoaplectana glaseri Steiner* (Fam. *Oxyuridae*) in künstlichem Medium zu ziehen. Feldversuche zeigten, daß sich der Parasit auf kleiner Fläche einbürgern ließ und eine hohe Mortalität unter den Engerlingen hervorrief; da sich die günstigen Ergebnisse bis 1934 feststellen ließen, wurden aus gedehntere Feldversuche, bei denen die Bodeninfektion mit den Nematoden auf zwei Methoden bewirkt wurde (Einführung durch Spritzen und durch Eingraben) begonnen; die Nematoden verursachten auch hier eine hohe Sterblichkeit unter den *P. japonica*-Larven und breiteten sich sowohl über das Versuchs- wie über das Nachbarfeld so gleichmäßig aus, daß kein Unterschied zwischen infizierten und nichtinfizierten Versuchsstreifen festzustellen war. Nachdem neuerdings von Mc Coy & Glaser[1]) eine neue Kulturmethode ausgearbeitet ist, die es gestattet, *N. glaseri* in großem Umfang zu züchten (in 1 Monat wurden etwa 378 Millionen Nematoden gezogen und im Feldversuch ausgesetzt), ist die Möglichkeit, diesen Nematoden zur biologischen Bekämpfung zu verwenden, in ein neues Stadium getreten.

Über Versuche, zur Bekämpfung von Zecken *(Ixodoidea)* Insekten zu verwenden, hat Howard[2]) berichtet: Exemplare der von ihm 1908 beschriebenen Chalcidide *Hunterellus hookeri,* die aus der Zecke *Rhipicephalus texanus Banks* vom Hund gezogen war, wurden im gleichen Jahre nach Südafrika und nach Portug.-Ostafrika gesandt, um gegen *Rhipicephalus sanguineus Latr.*, den Überträger einer Trypanosomen-Krankheit, Verwendung zu finden.

Hinsichtlich der Bekämpfung von Insekten durch Milben *(Acarina)* wurde oben schon die 1873 erfolgte Einführung von *Tyroglyphus phylloxerae Ril.* in Frankreich erwähnt; die Milbe, die sich eingebürgert hat, spielt jedoch nur eine unbedeutende Rolle[3]) bei der Verminderung der Reblaus. Dagegen hat sich in Australien die, vermutlich aus Europa eingeschleppte, Bdellide *Bisciurus lapidarius Kram.* zur Bekämpfung des Luzernespringschwanzes, *Sminthurus viridis L.*, verwenden lassen.[4]) Die in Westaustralien als Feind dieser Collembole entdeckte Milbe wurde zuerst an weitere Orte des Staates gebracht, später auch nach Südaustralien, Victoria und Tasmanien, wo sie sich gut einbürgerte.[5]) Der Transport der Milbe geschah mit Hilfe von Rindenstückchen, unter denen die Milben Schutz suchen. In British Columbia hat sich die 1917 aus Ostkanada eingeführte Milbe *Hemisarcoptes coccisugus Lign.* zwar nicht weit ausgebreitet,

---

[1]) Mc Coy, E. E., and Glaser, R. W., Nematode Culture for Japanese Beetle Control. State New Jersey, Dept. Agric., Circ. **265**, 1936.

[2]) Howard, L. O., and Fiske, W. F., The Importation into the United States of the Parasites of the Gipsy Moth and the Brown-tail Moth. U. S. Dept. Agric., Bur. Entom., Bull. **91**, 1911, 41—42; Howard, L. O., A History of Applied Entomology. Smithson. Misc. Coll. **84**, 1930, 524.

[3]) Planchon, J.-E., Les vignes américaines. Montpellier 1875, p. 65—69.

[4]) Womersley, H., A Possible Biological Control of the Clover Springtail or Lucerne Flea *(Sminthurus viridis L.)* in Western Australia. Journ. Counc. Sci. and Industr. Res. **6**, 1933, 83—91.

[5]) Entomological Investigations. Rpts. Counc. Sci. a. Industr. Res. **9**, 1936, 28—34, 69—70.

aber doch unter bestimmten Verhältnissen zur Bekämpfung von *Lepidosaphes ulmi L.* (Fam. *Coccidae*) bewährt.[1])

Die Verwendung von Spinnen *(Araneida)* zur Bekämpfung von Coniferenschädlingen und ihre Verbringung an Orte, wo sie fehlen, hat Harrison[2]) empfohlen. Über die praktische Verwendung von Spinnen zur Insektenbekämpfung liegen Versuche von Hase[3]) vor; sie wurden veranlaßt durch die Mitteilungen und Anregungen von Lorando[4]), der beobachtete, daß 1924/25 die Wanzenplage in den Holzbaracken des Flüchtlingslagers in Athen durch die Spinne *Thanatus flavidus Simon* (Fam. *Thomisidae*) beseitigt wurde. Hases Versuche mit Exemplaren von *Th. flavidus*, die aus Griechenland bezogen waren, wurden 1933/34 in zwei stark verwanzten, zur Kleintierhaltung dienenden Räumen durchgeführt; nach Hases Bericht hat sich das Verfahren praktisch bewährt; nur noch einzelne Wanzen konnten beim Nachsuchen festgestellt werden, während sich die Spinnen gut vermehrt hatten. Hinsichtlich der allgemeineren Verwendung des Verfahrens urteilt Hase, daß die Einbürgerung dieser nützlichen Spinne unter gewissen Umständen möglich ist und ein wirksames Hilfsverfahren darstellt, daß aber erst eine bestimmte Zeit vergeht, bis sich die Wirksamkeit der Spinne wesentlich bemerkbar macht, und daß als Schnellverfahren der Wanzenbekämpfung immer die chemisch-technischen Verfahren obenanstehen; immerhin kann das biologische Verfahren in tropischen und subtropischen Gegenden einige Bedeutung haben, da sich bei der dortigen Bauweise der Häuser das Durchgasungsverfahren häufig nicht anwenden läßt.

Über die Möglichkeit, durch Algen *(Chara spp.)* einen hemmenden Einfluß auf die Entwicklung von *Anopheles*-Larven auszuüben, sind die Meinungen geteilt; während Matheson und Hinman nach Beobachtungen an Gewässern im Staate New York und Laboratoriumsversuchen dies für möglich halten, konnte Barber in Louisiana keine Einwirkung feststellen.[5])

Ebenso steht es hinsichtlich des Vorschlages, *Utricularia*-Arten zur Bekämpfung von *Anopheles*-Arten zu verwenden, der durch die Beobachtung, daß diese Wasserpflanzen Mückenlarven in größerem Umfang fressen, veranlaßt wurde.[6])

---

[1]) Glendenning, R., The Progress of Parasite Introduction in British Columbia. Proc. Entom. Soc. British Columbia **28**, 1931, 29—32.

[2]) Harrison, J.W.H., Friends and Foes of the Coniferae. Entomologist **46**, 1913, 50-54, 96-98.

[3]) Hase, A., Zur Frage der Bettwanzenbekämpfung durch sogenannte biologische Verfahren. Naturwissenschaften **18**, 1930, 23; Bekämpfung der Bettwanze durch die Spinne *Thanatos flavidus*. Ebd. **21**, 1933, 285; Über eine erfolgreiche biologische Wanzenbekämpfung durch die Spinne *Thanatos flavidus*. Ebd. **22**, 1934, 649—650.

[4]) Lorando, N. T., A Biological Method of Destroying Bedbugs. Scientific Monthly **29**, 1929, 265—268.

[5]) Barber, M. A., The Effect of *Chara robbinsii* on Mosquito Larvae. Publ. Health Rpts. **39**, 1924, 611—615; Matheson, R., and Hinman, E. H., Further Studies on *Chara sp.* and other Aquatic Plants in Relation to Mosquito Breeding. Amer. Journ. Trop. Med. **9**, 1929, 249—266; Further Work on *Chara sp.* and other Biological Notes on *Culicidae*. Amer. Journ. Hyg. **14**, 1931, 99—108; Riley, W. H., and Johannsen, D. A., Medical Entomology. New York and London 1932, p. 271—272.

[6]) Brumpt, E., Capture des larves de Culicidés par les plantes du genre *Utricularia*. Ann. parasit. **3**, 1925, 403—411; Hildebrandt, S. F., A Study of the Top Minnow, *Gambusia holbrooki*, in its Relation to Mosquito Control. U. S. Publ. Health Serv., Publ. Health Bull. **153**, 1925; Matheson, R., The Utilization of Aquatic Plants as Aid in Mosquito Control. Americ. Natural. **64**, 1930, 56—86; Medical Entomology. Spring Field and Baltimore 1932, p. 290.

a) Verwendung von Mikroorganismen[1])

1. Erregung von Pilzkrankheiten[2])

Die ersten praktischen Versuche zur biologischen Bekämpfung schädlicher Insekten durch Verwendung von Mikroorganismen wurden 1878 von Metschnikoff[3]) mit einem Pilz durchgeführt, den er zuerst bei den Larven von *Anisoplia austriaca Herbst*, dann auch bei den Larven von *Cleonus punctiventris Germ.* feststellte und *Entomophthora anisopliae* (heute zur Gattung *Metarrhizium* gestellt; in der Literatur auch als *Isaria* und *Oospora destructor*, *Isaria* und *Penicillium anisopliae* bezeichnet) nannte; es gelang ihm, *M. anisopliae* auf künstlichem Nährboden (Biermaische) zu züchten; von den Versuchen, Larven von *A. austriaca* zu infizieren, fielen mehrere erfolgreich aus, in einigen Fällen blieben die Engerlinge allerdings gesund; dagegen ergaben die Versuche mit *Cl. punctiventris* sämtlich günstige Resultate.[4]) Kurze Zeit später fand Cienkowski[5]) eine andere Methode, größere Sporenmengen des Pilzes zu erhalten: er legte infizierte Käfer in Kästen, die mit Erde gefüllt waren, vermischte später die Erde mit den getrockneten und pulverisierten Larvenkadavern und verbreitete dieses Material zur Infizierung der Insekten auf dem Feld. Krassilstschik[6]) gründete 1884

---

[1]) Masera, E., Le Malattie Infettive degli Insetti e loro indice bibliografico. Bologna 1936; Paillot, A., Les microorganismes parasites des insectes. Ann. Serv. Épiph. **2**, 1915, 188—232; L'infection chez les insectes. Trevoux 1933; Schoevers, T. A. C., Jets over de bestrijding van schadelijke insekten door Zwammen en bacterien. Tijdschrift Plantenz. **22**, 1916, 131—202.

[2]) Charles, V. K., Entomogenous Fungi attack and destroy many harmful Insects. Jearbook Agriculture 1931, 211—214; Glaser, R. W., The Economic Status of the Fungus Diseases of Insects. Journ. Econ. Entom. **7**, 1914, 473—476; Lakon, G., Die insektentötenden Pilze (Mykosen). In: Escherich, K., Die Forstinsekten Mitteleuropas, Bd. 1, Berlin 1914, 258—291; Siemaszko, W. [Studies on entomogenous Fungi of Poland. Arch. Nauk. biol. **6**, 1937, 1—83. Nach Referat in: Rev. Appl. Entom. A. **25**, 1937, 607].

[3]) Metschnikoff, E. [Die Krankheiten des Getreidekäfers.] Odessa 1879 (russisch); Zur Lehre über Insektenkrankheiten. Zool. Anz. **3**, 1880, 44—47.

[4]) Im gleichen Jahr (1879), in dem Metschnikoff über seine Versuchsergebnisse berichtete, hat auch Hagen Vorschläge zur Bekämpfung von Schadinsekten durch Pilze (besonders Hefepilze) gemacht, die noch im gleichen Jahre verschiedene praktische Versuche in den Vereinigten Staaten veranlaßten: Comstock, J. H., gegen (nicht näher bezeichnete) Raupen und Riley, C. V., gegen *Alabama argillacea Hb.* erfolglos; Burns, J. H., gegen Kartoffelkäfer (mit Bierhefe in Zuckerwasser bespritzt) gute Erfolge, ebenso nach Hagen gegen Blattläuse in einem Treibhaus. Hagen, H. A., Obnoxious pests. Suggestions relative to their destruction by Dr. Hazen, read before the Thursday Club, April 3. 1879. Boston Evening Transcript, **52**, no. 15946, 11. April 1879, p. 6; Canadian Entomologist **11**, 1879, 110—114; Ann. Rpts. Entom. Soc. Ontario for 1879. 1880, 22—24; Destruction of Obnoxious Insects. Phylloxera, Potato Beetle, Cotton-Worm, Colorado Grasshopper, and Greenhouse Pests. By Application of the Jeast Fungus. Cambridge 1879; Schädliche Insekten durch Hefepilze zu töten. Zool. Anz. **3**, 1880, 185.

[5]) Nach Metalnikov & Chorine, Annales Institut Pasteur **42**, 1928, 1695 und Sweetman, 1936, 60.

[6]) Krassilstschik, J., De insectorum morbis, qui fungis parasitis efficiuntur. Bull. Soc. Naturalistes Nouvelle Russie **11**, 1886 75—172 (Critique Analyse par A. Giard: Bull. Sci. France et Belg (**20**) III. sér. **2**, 1889, 120—136); La production industrielle des parasites végétaux pour la destruction des insectes nuisibles. Bull. Sci. France et Belg. (**19**) III. sér. **1**, 1888, 461—472.

in Smela (Gouv. Kiew) ein Laboratorium, in dem er größere Sporenmengen gewann (in 4 Monaten 55 kg); bei Versuchen zur Bekämpfung von *Cleonus punctiventris Germ.* erzielte er auf kleineren Flächen gute Ergebnisse: in 10 bis 15 Tagen wurden durch die Pilzepidemie 55—88% abgetötet.

Veranlaßt durch diese günstigen Ergebnisse wie auch durch die Beobachtung, daß Pilzkrankheiten eine große Rolle bei der natürlichen Verminderung von Insekten und bei der Beendigung von Insektenkalamitäten spielen, ist auch in der Folgezeit in zahlreichen Fällen versucht worden, insektentötende Pilze zur biologischen Bekämpfung von Schadinsekten nutzbar zu machen. Alle diese Bemühungen sind jedoch nicht über das Versuchsstadium hinausgelangt; trotz mancher anfänglich erfolgversprechender Ergebnisse hat sich die künstliche Erregung von Pilzkrankheiten bisher in keinem Falle (vielleicht mit Ausnahme der unten geschilderten Maßnahmen in Florida) als dauernd verwendbare Bekämpfungsmethode erwiesen.

Die Zucht insektentötender Pilze auf künstlichen Nährböden, die Vorbedingung für ihre praktische Verwendung im großen, hat sich zwar in vielen Fällen als möglich gezeigt. Eine Schwierigkeit scheinen in diesem Punkte allerdings die Entomophthoreen zu bieten; so hat z. B. Skaife[1]) bei seinen eingehenden Untersuchungen über die Hervorrufung von Heuschreckenepidemien durch *Empusa grylli Fres.* nachgewiesen, daß der Verwendbarkeit dieses Pilzes bis jetzt die Unmöglichkeit entgegensteht, ihn anders als auf lebenden Medien (Heuschrecken) zu ziehen. Dieser Schwierigkeit der Züchtung auf künstlichen Nährböden trugen Speare & Colley[2]) bei ihren Versuchen mit *Empusa aulicae Reich.* zur Bekämpfung von *Euproctis phaeorrhoea Don. (chrysorrhoea auct.)* in Massachusetts (1908—1911) Rechnung: Künstlich infizierte Goldafterraupen wurden zu 20—30 Stück in Papiersäckchen verpackt und in den Bäumen in der Nähe von Raupennestern aufgehängt; die Papiersäckchen wurden dann aufgeschnitten, um die kranken Raupen zu entlassen. Durch diese Methode soll unter den Goldafterraupen eine Mortalität von 60—80% erzielt worden sein; mit einer anderen *Entomophthora*-Art erhielten Speare und Colley wegen größerer Schwierigkeiten in der Zucht und der Verbreitung der Krankheit weniger gute Ergebnisse gegen *Lymantria dispar L.*

Ebenso leicht ließ sich auch in zahlreichen Fällen die künstliche Infektion von Insekten durch Pilze im Laboratorium durch Bespritzen der Versuchstiere mit Sporenaufschwemmungen, durch Bestäuben mit Reinkulturen, durch Injektion von Konidien oder durch Darreichen pilzinfizierten Futters erzielen.

Andererseits hat sich aber vielfach ergeben, daß diese im Laboratorium (gelegentlich auch in kleinen Freilandversuchen unter laboratoriumsähnlichen Bedingungen) erzielten Erfolge bei der Anwendung im Feld ausblieben, und daß auch günstige Freilandergebnisse bei späterer Nachprüfung, besonders wenn die Ver-

---

[1]) Skaife, S. H., The Fungous Disease of Locusts. Journ. Dept. Agric. Union South Africa **11**, 1925, 179—185; The Locust Fungous, *Empusa grylli*, and its Effects on its Host. South African Journ. Sci. **22**, 1925, 298—308.

[2]) Speare, A. T., and Colley, R. H., The Artificial Use of the Brown-tail Fungus in Massachusetts, with practical suggestions for private experiment, and a brief note on a fungus disease of the Gypsy caterpillar. Boston Mass., 1912.

suchsbedingungen den Forderungen der Praxis angeglichen waren, nicht den anfänglichen Erwartungen entsprachen. Bekannt sind z. B. die Hoffnungen, die auf *Beauveria densa Link (Botrytis tenella)* zur Engerlingsvertilgung gesetzt wurden, nachdem Le Moult[1]) und Giard[2]) über ihre günstigen Erfolge berichtet hatten (in Frankreich wurden Reinkulturen des Pilzes „Tubes Le Moult" in den Handel gebracht), denen auch Prillieux & Delacroix[3]) beistimmten. Nachprüfungen von anderer Seite ergaben jedoch keinen Anhalt für die praktische Verwendbarkeit von *B. densa* zur Engerlingsbekämpfung; so konnten z. B. Dufour[4]) und Frank[5]) wohl im Laboratorium Infektionen erzielen, hatten aber bei Freilandversuchen keine Erfolge. Ebenso ergebnislos verliefen auch Versuche mit Kulturen von *B. densa*, die von Le Moult zur Verfügung gestellt wurden, gegen andere Insekten: *Eriosoma lanigerum Hausm.* (Paillot, 1933, p. 435) und *Leptinotarsa decemlineata Say* (Dieuzeide).[6]) Die günstigen Ergebnisse, die mit *Beauveria bassiana Bals.*, dem Erreger der als Muscardine oder Kalksucht bekannten Seidenraupenkrankheit, von Vaney & Conte[7]) gegen *Haltica ampelophaga Guér.* und von Picard[8]) bei der Infektion von *Phthorimaea operculella Zell.* erreicht wurden, konnten von anderen Versuchsanstellern — denen Laboratoriumsversuche ebenfalls gelangen — im Freiland nicht bestätigt werden; so verliefen dieVersuche von Tangl[9]) gegen *Lymantria monacha L.*, von Bolle[10]) gegen den gleichen Schädling und gegen Heuschrecken sowie von Marchal[11]) gegen *Clysia ambiguella Hb.* erfolglos; gegen *Leptinotarsa decemlineata Say*

---

[1]) Le Moult, L., Le parasite du Hanneton. Comptes Rendus Acad. Sci. **111**, 1890, 653; **112**, 1891, 272, 1081; Le Hanneton et son parasite. Comptes Rendus Acad. Agric. France **8**, 1922, 596—601; La destruction des insects nuisibles par les parasites végétaux. Rev. bot. app. et Agric. colon. **3**, 1923, 81—102; Le parasite du Hanneton et de sa larve. Journ. Agric. prat. **39**, 1923, 238—241.

[2]) Giard, A., *L'Isaria densa (Link) Fries*, champignon parasite du Hanneton commun *(Melolontha vulgaris L.)*. Bull. Sci. France et Belg. (**24**) IV. sér. **3**, 1892, 1—112. — Verzeichnis der weiteren Schriften Giard's über diesen Gegenstand: Ann. Soc. Entomol. France, **81**, 1912, 268—269.

[3]) Prillieux, E., et Delacroix, G., Le champignon parasite de la larve du Hanneton. Compt. Rend. Acad. Sci. **112**, 1891, 1079—1081; Sur la muscardine du Verblanc. Ebd. **113**, 1891, 158—160.

[4]) Dufour, J., Einige Versuche mit *Botrytis tenella* zur Bekämpfung der Maikäferlarven. Ztschr. Pflanzenkrankh. **2**, 1892, 2—9.

[5]) Frank, A., Über das neuerdings vorgeschlagene Mittel, die Maikäferlarven mit *Botrytis tenella* zu vertilgen. Ztschr. Forst- u. Jagdw. **25**, 1893, 223—226.

[6]) Dieuzeide, R., Les champignons entomophytes du genre *Beauveria Vuillemin*. Ann. Épiph. **11**, 1925, 185—219.

[7]) Vaney, C., et Conte, A., Utilisation des champignons entomophages pour la destruction des larves d'Altises. Compt. Rend. Acad. Sci. **138**, 1904, 159—161.

[8]) Picard, F., La Teigne des pommes de terre *(Phthorimaea operculella)*. Ann. Serv. Épiph. **1**, 1913, 106—176.

[9]) Tangl, F., Bakteriologischer Beitrag zur Nonnenraupenfrage. Forstwiss. Ctrbl. **15**, 1893, 209—230.

[10]) Bolle, J., Bericht der landwirtsch.-chem. Versuchsstation Görz im Jahre 1907. Ztschr. f. d. landw. Versuchswesen in Österreich **11**, 1908, 297; Ber. landw.-chem. Versuchsst. Görz 1909. Ebd. **13**, 1910, 301.

[11]) Marchal, P., Rapport sur les travaux accomplis par la mission d'étude de la Cochylis et de l'Eudémis pendant l'anné 1911. Paris et Liège 1912.

schlugen Dieuzeide (1925, p. 202) sogar Laboratoriumsversuche fehl. Ähnlich lauten auch die Berichte über die Anwendung von Pilzen, insbesondere von *Spicaria farinosa verticilloides Fron.*, zur Bekämpfung von *Clysia ambiguella Hb.* und *Polychrosis botrana Schiff.* Während Sauvageau & Perraud[1]) gute Erfolge durch Bespritzen befallener Weintrauben mit Pilzsporensuspensionen erzielten, blieben die mit der gleichen Methode durchgeführten Versuche von Vezin & Gaumont[2]) ergebnislos. Laboratoriumsversuche von Feytaud[3]) ergaben die leichte Infektionsmöglichkeit von *Polychrosis botrana Schiff.* durch Sporen von *Sp. farinosa verticilloides* und als aussichtsreichstes Stadium für die praktische Bekämpfung die erwachsene, sich zur Verpuppung anschickende Raupe; Versuche im Weinberg, die zur Überwinterung abwandernden Raupen mit Hilfe von Leinenstreifen, die mit Sporen von *Sp. f. verticilloides* infiziert waren und um die Rebstöcke gebunden wurden, mißlangen jedoch sowohl Feytaud[3]) und Fron[4]) wie auch Marchal[5]) und Paillot[6]), obgleich sie, wie der letztgenannte Verfasser berichtet, an einer großen Zahl von Reben durchgeführt wurden und mit so großer Sorgfalt, wie sie in der Praxis nicht angewendet werden kann.[7]) Wallengren & Johansson[8]), die Laboratoriumsversuche über die Infektionsmöglichkeit von *Pyrausta nubilalis Hb.* mit verschiedenen Pilzarten durchführten, erhielten die besten Ergebnisse mit *Metarrhizium anisopliae Metschn.*; auch in kleinen Freilandversuchen erzielte Wallengren[9]) durch Bestäuben der Maispflanzen mit Konidien allein oder mit Mischungen von Konidien und Kartoffelmehl in verschiedenen Proportionen gute Ergebnisse (Mortalität von 99,3%). In den Freilandversuchen, die Hergula[10]) 1930 und

---

[1]) Sauvageau, C., et Perraud, Sur un champignon parasite de la Cochylis. Compt. Rend. Acad. Sci. **114**, 1893, 163.

[2]) Vezin, et Gaumont, L., La Cochylis et l'Eudémis dans la vallée de la Loire. Ann. Serv. Épiph. **1**, 1913, 331—338.

[3]) Feytaud, J., Recherches sur la Cochylis et l'Eudémis dans le Bordelais en 1912. Ann. Serv. Épiph. **1**, 1913, 253—330.

[4]) Fron, G., Recherches sur les parasites végétaux de la Cochylis. Ann. Serv. Épiph. **1**, 1913, 372—378.

[5]) Marchal, P., La Cochylis et l'Eudémis en 1912. Ann. Serv. Épiph. **1**, 1913, 248—252.

[6]) Paillot, A., Observations sur la Cochylis et l'Eudémis en Bourgogne. Ann. Serv. Épiph. **1**, 1913, 339—351.

[7]) „Es wäre aber ein unnützes Beginnen, wenn man diese Pilze künstlich kultivieren und ihre Sporen in den Weinbergen ausstreuen wollte, wie wohl empfohlen worden ist. Die Sporen der Pilze befinden sich überall im Weinberge; was aber zu einer starken Ausbreitung fehlt, sind Feuchtigkeit der Atmosphäre und Wärme. Diese in die Weinberge zu tragen, ist aber menschlicher Kunst bisher nicht gelungen." Dewitz, J., Die Bekämpfung des einbindigen und des bekreuzten Traubenwicklers. Landwirtsch. Jahrb. **36**, 1907, 959—997.

[8]) Wallengren, H., and Johansson, R., On the Infection of *Pyrausta nubilalis Hb.* by *Metarrhizium anisopliae (Metsch.)* Sor. Intern. Corn Borer Invest., Sci. Rpts. **2**, 1929, 131—145.

[9]) Wallengren, H., On the Infection of *Pyrausta nubilalis Hb.* by *Metarrhizium anisopliae (Metsch.)* Sor. Intern. Corn Borer Invest., Sci. Rpts. **3**, 1930, 64—73.

[10]) Hergula, B., On the Application of *Metarrhizium anisopliae* against *Pyrausta nubilalis*. Intern. Corn Borer Invest., Sci. Rpts. **3**, 1930, 130—141; Recent Experiments on the Application of *Metarrhizium anisopliae* against the Corn Borer. Ebd. **4**, 1931, 46—62.

1931 in Zagreb durchführte, wurden Maispflanzen mit *Metarrhizium*-Sporen, die mit Kartoffelstärke, Dextrin oder Traganth vermischt waren, bestäubt und hierauf mit frisch geschlüpften Maiszünslerraupen (1930) oder Eigelegen von *Pyrausta nubilalis Hb.* (1931) besetzt. 1930 wurden auf 235 mit Pilzsporen bestäubten Pflanzen 9545 Raupen ausgesetzt und nur 118 oder 1,24% wiedergefunden, dagegen auf den 50 Kontrollpflanzen, auf denen 2000 Raupen ausgesetzt wurden, 288 oder 14,4%; auf den bestäubten Pflanzen betrug die Raupensterblichkeit 99% im Vergleich zu 85,6% auf den Kontrollpflanzen; von den bestäubten Pflanzen enthielten 25,1% Maiszünsler, von den Kontrollpflanzen 98%. In den Versuchen von 1931 ergab die Bestäubung mit Sporen von *M. anisopliae* in verschiedener Konzentration eine Herabsetzung des Maiszünslerbefalls auf 0,8%. Ganz widersprechende negative Ergebnisse erzielte jedoch Eckstein[1]) 1931 in Rastatt mit Sporenmaterial von *M. anisopliae*, der von Wallengren zur Verfügung gestellt und auf Feldern mit natürlichem Befall von *P. nubilalis* angewendet wurde: Die Prozentzahl befallener Pflanzen schwankte (Septemberzählung) auf den drei bestäubten Versuchsflächen zwischen 88 und 98, auf den 12 Kontrollfeldern zwischen 82 und 97; die Ernteergebnisse waren auf den drei Versuchsflächen 41,7—54,8 kg, auf den 12 Kontrollfeldern 27,5—56,9 kg. Es bleibt daher auch noch abzuwarten, ob die günstigen Ergebnisse, die Bartlett & Lefebvre[2]) 1930 und 1931 mit einer anderen Pilzart: *Beauveria bassiana Bals.* gegen *Pyrausta nubilalis Hb.* erzielt haben, sich auch bei der praktischen Anwendung ergeben; die Kontrolle der Versuche im Jahre 1931, bei denen das Sporenmaterial bei den ersten Anzeichen des Larvenfraßes und zum zweiten Male, wenn alle Larven geschlüpft waren, verstäubt wurde, ergab durch Aufschneiden der Maispflanzen, daß durchschnittlich 71,3% der Larven und Puppen getötet waren; die Zahl der lebenden Larven war um 70,4% geringer als in den Maispflanzen der unbehandelten Parzellen. 1931 wurde auch von Bartlett & Lefebvre der Versuch gemacht, den Pilz auf verunkrauteten Feldern, von denen häufig der Befall ausgeht, einzubürgern; da im August 1932 Maiszünslerraupen der ersten Generation in *Xanthium sp.* gefunden wurden, die von *B. bassiana* befallen waren, nehmen die Verfasser an, daß der Pilz überwintert und die neuen Larven befallen haben muß. Von weiteren in der Literatur mitgeteilten günstig verlaufenen Versuchen seien noch die Feldversuche von Nolla[3]) mit *Acrostalagmus aphidum Oud.* gegen *Rhopalosiphum persicae Sulzer* und *Aphis gossypii Glover*, die Laboratoriums- und Zwingerversuche von Reyes[4]) mit der aus der Wanderheuschrecke *Locusta migratoria migratoroides Reiche & Fairm.* isolierten *Beauveria globulifera Speg.* gegen *Promecotheca cummingi Baly*, die

[1]) Eckstein, F., Untersuchungen zur Epidemiologie und Bekämpfung von *Pyrausta nubilalis Hb.* und *Platyparea poecilopteraSchr.* Arb. phys. angew. Entom. **1**, 1934, 109—131.

[2]) Bartlett, K. A., and Lefebvre, C. L., Field Experiments with *Beauveria bassiana (Bals.) Vuill.*, a Fungus attacking the European Corn Borer. Journ. Econ. Entom. **27**, 1934, 1147—1157.

[3]) Nolla, J. A. B., Biologic Control of the Aphids *Rhopalosiphum persicae Sulzer* and *Aphis gossypii Glover*. Phytopathology **19**, 1929, 102.

[4]) Reyes, G. M., Artificial Infection of the Coconut Leaf Miner with *Beauveria globulifera* (Spegazzini) Picard. Philippine Jour. Sci. **49**, 1932, 419—441.

Laboratoriums- und Freilandversuche von Boczkowska[1]) mit einer nicht benannten Pilzart gegen *Piesma quadrata Fieb.* und die Laboratoriumsversuche von Dieuzeide[2]) mit *Beauveria effusa Beauv.* gegen *Leptinotarsa decemlineata Say* genannt[3]); Freilandversuche wurden in letzterem Falle nicht durchgeführt, doch vermutet Dieuzeide selbst, daß in der Natur die Sterblichkeit nicht so hoch ist, da dort die Käfer nicht wie im Laboratoriumsversuch auf kleinem Raum zusammengedrängt sind. Auch die ausgedehnten Versuche, die in den letzten Jahren mit *Sporotrichum paranense March.* gegen die Wanderheuschrecken *Schistocerca paranensis Burm.* in Argentinien angestellt wurden[4]), haben noch kein abschließendes Ergebnis über die praktische Brauchbarkeit gebracht. Nach Marchionatto (1933) erfolgt die Infektion mit den Pilzsporen allein durch die Tracheen, so daß, wie Marchionatto & Vallega berichten, die künstliche Infektion sehr leicht durch Kontakt mit den Pilzsporen herbeigeführt wird. Die künstliche Zucht von *Sporotrichum paranense* ist sehr einfach und gelingt nach Godoy und Fresa selbst mit dem im Feld zur Verfügung stehenden Medien; die Anwendung geschieht entweder durch Verspritzen von Sporensuspensionen in sterilisiertem Wasser oder Verstäuben mit Mehl gemischten Sporenpulvers; dagegen hat sich die Schaffung künstlicher „Infektionsherde" nicht bewährt. Wie Godoy jedoch berichtet, ergaben die 1934 durchgeführten Feldversuche keine positiven Ergebnisse; als Ursache werden die ungünstigen Umweltbedingungen, die aber im Versuchsgebiet normal sind, angegeben. Auch Fresa muß zugeben, daß es noch weiterer umfangreicherer Versuche bedürfe, um die Möglichkeit der Methode zu erproben und nachzuweisen.

Einer der wichtigsten Einwände, der von objektiven Beurteilern gegen den Wert der Methode geltend gemacht worden ist, ist der, daß in vielen Fällen, in denen über gute Erfolge berichtet wurde, nicht nachgeprüft worden ist, ob die

[1]) Boczkowska, M., Resultats d'essais de destruction de la punaise de la Betterave *(Piesma quadrata)* au moyen de champignons entomophytes en Pologne. Compte Rendu definitif de la VIme Assemblée de l'Institut International de Recherches Betteravières à Bruxelles le 6, 7 et 8 janvier 1936, p. 184—185, Tirlemont 1936; La destruction de la Punaise de la Betterave *(Piesma quadrata)* par un champignon entomophyte en Pologne. Institut International de Recherches Betteravières, Année 1936, Notice No. 11, p. 3, Tirlemont 1936.

[2]) Dieuzeide, R., Les champignons entomophytes du genre *Beauveria Vuillemin.* Ann. Épiph. **11**, 1925, 205—219; Le *Beauveria effusa* (Beauverie) *Vuillemin* parasite du Doryphore de la pomme de terre. Revue Zoologique agric. et appl. **25**, 1926, 129—134, 145—154.

[3]) Eine neue *Beauveria*-Art *(B. doryphorae)* als Parasit des Kartoffelkäfers haben Poisson & Patay 1935 entdeckt; in Laboratoriumszuchten breitete sich der Pilz schnell über Puppen und Käfer aus; Larven sterben 4 Tage nach der Infektion, während Eier immun zu sein scheinen: Poisson, R., et Patay, R., Compt. Rend. Acad. Sci. **200**, 1935, 961—963.

[4]) Marchionatto, J. B., Parasitos vegetales de la langosta. In: Parasitos mas importantes de la Langosta en la Republica Argentina. Bol. Mens. Minist. Agric. Nac. **34**, 1933, 233—242; Los hongos parásitos de la langosta en la República Argentina. In: Lucha Nacional contra la Langosta. Buenos Aires 1934, p. 45—53; Marchionatto, J. B., y Vallega, J., Ensayos a campo del „hongo verde" *(Sporotrichum paranense March.)* de la langosta voladora. Bol. Mens. Minist. Agric. Nac. **35**, 1933, 69—77; Godoy, E. F., El „*Sporotrichum paranense*" *March.* en la lucha contra la langosta. In: Memoria de la Comision Central de Investigaciones sobre la Langosta. Buenos Aires 1936, p. 54—61; Fresa, R., Enfermedades de la langosta. Ebd., p. 97—102.

Pilzkrankheit in der Tat künstlich hervorgerufen wurde, oder ob sie nicht bereits unter den Insekten vorhanden war und sich natürlich unter dem Einfluß günstiger Bedingungen ausbreitete. Ein Beispiel hierfür bietet die Bekämpfung von *Blissus leucopterus Say* durch *Beauveria globulifera Speg.* in den Vereinigten Staaten. Ausgedehnte Versuche mit diesem Pilz wurden von Snow[1]) 1888—1897 in Kansas durchgeführt, deren erfolgreiche Ergebnisse in den ersten Jahren die Gründung einer Versuchsstation an der Universität von Kansas 1891 veranlaßten, von der in großem Umfang infizierte Wanzen an die Farmer verteilt wurden. Versuche in anderen Staaten wiesen auch anfänglich Erfolge auf, ergaben aber später die starke Abhängigkeit der Ausbreitung der Pilzkrankheit von Witterungseinflüssen; bereits Forbes[2]), der 1888—1896 in Illinois experimentierte, und Webster[3]) wiesen daraufhin, daß die Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse und das gleichzeitige Massenvorhandensein der Wanzen die wahren Ursachen der Ausbreitung und Wirksamkeit der Pilzkrankheit sind. Eine endgültige Bestätigung dieser Ansicht wurde durch die sehr genauen 1910 in Kansas durchgeführten Untersuchungen von Billings & Glenn[4]) erbracht, die sich nicht auf die künstliche Hervorrufung der Pilzinfektion im Laboratorium und Feld beschränkten, sondern gleichzeitig eingehende Feststellungen über das natürliche Vorkommen des Pilzes erhoben; sie fanden, daß *B. globulifera* im ganzen Befallsgebiet von *Blissus leucopterus Say* in Kansas überall im natürlichen Zustand vorhanden war, und zwar in solcher Menge, daß jede künstliche Verbreitung der Infektion im Feld viel zu unbedeutend im Vergleich zum praktischen Nutzen sein würde; daß die natürliche Verbreitung in einem Feld viel gleichmäßiger war als sie durch künstliche Infektion erreicht werden kann; daß die Pilzmengen, die bei Versuchen in Weizen- und Maisfeldern verwendet wurden, so bedeutend waren, daß sie wirtschaftlich nicht tragbar sind; daß in Feldern mit natürlichem Pilzbefall die Wirkung auf die Wanzen in keinem nennenswerten Maße durch künstliche Infektion beschleunigt werden kann; daß in Feldern, in denen der Pilz nicht von Natur aus wirksam auftritt, künstlich eingeführte Sporen auch keinen Erfolg bringen; daß Feuchtigkeit das Auftreten der Krankheit bedingt, nicht künstliche Infektion, und daß im Feld die Bedingungen gänzlich von denen im Laboratorium abweichen. Wie Uvarov[5]) annimmt, dürften auch die Erfolge, die bei der Bekämpfung der südafrikanischen Wanderheuschrecke *Nomadacris septemfasciata Serv.* erzielt worden sein sollen, auf das natürliche Auftreten einer Pilzepidemie zurückzuführen sein. Die von Cooper 1896 in Natal entdeckte ausgedehnte Heuschreckenepidemie wurde offenbar durch *Empusa grylli Fres.* hervorgerufen; der aus den dortigen Heuschrecken vom bakteriologischen

[1]) Snow, F. H., Contagious Diseases of the Chinch-bug. 1.—6. Ann. Rpt. Kansas University Experiment Station, 1891—1896.

[2]) Forbes, S. A., Experiments with the Muscardine Disease of the Chinch-bug and with the Trap and Barrier Method of Stat. Invest. Illinois Agric. Exp. Stat., Bull. **38**, 1895, 25—86.

[3]) Webster, F. M., Three Jears Study of an Outbreak of the Chinch-bug in Ohio. U. S. Dept. Agric., Division Entomology, Bull. **6**, o. s., 1896, 18—25.

[4]) Billings, F. H., and Glenn, P. A., Results of the Artificial Use of the White-fungus Disease in Kansas. U. S. Dept. Agric., Bureau Entomology, Bull. **107**, 1911.

[5]) Uvarov, B. P., Locusts and Grasshoppers. London 1928, 200.

Institut Grahamstown isolierte, weiter gezüchtete und an die Farmer zur Heuschreckenbekämpfung abgegebene Pilz war jedoch, wie spätere bakteriologische Untersuchungen (Massee, Kew, und French, Victoria) ergaben, nicht der Heuschreckenparasit *E. grylli*, sondern eine *Mucor*-(Schimmelpilz-)Art (*E. grylli* ist ja auch, wie die oben wiedergegebenen neueren Untersuchungen von Skaife gezeigt haben, bisher nicht künstlich züchtbar gewesen); Butler & Lefroy[1]) haben daher auch keinerlei Erfolge mit *Mucor exitiosus Massee* zur Heuschreckenbekämpfung in Indien gehabt. Auch die Pilzkulturen, die L. O. Howard[2]) für seine 1900 und 1901 in den Vereinigten Staaten durchgeführten Versuche gegen Heuschrecken aus Südafrika erhielt, bestanden aus mehreren Pilzarten; so konnten außer Mukorineen auch eine *Sporotrichum*-Art (*Beauveria globulifera*?) isoliert werden; diese Kulturen wurden an 223 Versuchsansteller in verschiedenen Staaten unter Howards Anweisungen verteilt; 169 stellten keine Versuche an oder gaben keine Berichte; 38 Berichte lauteten negativ und nur 16 positiv.

Howards[2]) Schlußfolgerungen, die auch neuerdings von Smith[3]) in einem zusammenfassenden Bericht über die Versuche zur Bekämpfung von Heuschrecken (*Melanoplus sp.*) und *Blissus leucopterus Say* in Kansas bestätigt werden, lauten daher, daß die Methode, wenn sie auch in einigen Fällen erfolgreich war, weit entfernt sei, stets erfolgreich zu sein; vor allem könne man nie mit Sicherheit die künftige Witterung voraussagen, es schiene aber ganz sicher, daß die Verbreitung dieser Krankheiten weitgehend von Witterungsbedingungen abhängig sei. Auch Skaife hat (1925) durch seine Untersuchungen über die südafrikanischen Heuschreckenepidemien nachgewiesen, daß diese nur bei günstiger, feuchter und warmer, Witterung sich ausbreiten. Uvarov (1928) äußert daher im Hinblick auf die künstliche Erregung von Heuschreckenepidemien die Ansicht: „this means that the whole campaign would be dependent on conditions beyond our control", ein Standpunkt, der auch von zahlreichen anderen Autoren gegen die Möglichkeit einer biologischen Bekämpfung von Schadinsekten durch Pilze überhaupt vertreten wird; so z. B. auch vor kurzem von einem der besten Kenner der insektenpathogenen Mikroorganismen, A. Paillot[4]): „La création d'épidémies artificielles n'est pas en effet uniquement conditionnée par la présence des germes pathogènes, mais par d'autres facteurs qu'il n'est pas au pouvoir de l'homme de modifier à volonté."

Die in den beiden vorhergehenden Abschnitten wiedergegebenen Einwände werden z. B. auch von Wolcott[5]) gegen die Erfolge geäußert, die auf Trinidad zur Bekämpfung des Zuckerrohrschädlings *Tomaspis (Monecphora) saccharina Dist. (varia F.)* durch den Pilz *Sorosporella (Tarichium) uvella Krass.* erzielt

[1]) Butler, E. J., and Lefroy, H. M., Report on Trials of the South African Locust Fungus in India. Bull. Agric. Res. Inst. Pusa 5, 1907.

[2]) Howard, L. O., Experimental Work with Fungus Disease of Grasshoppers. Yearbook U. S. Dept. Agric. 1901. 1902, 459—470.

[3]) Smith, R.C., Fungous and Bacterial Diseases in the Control of Grasshoppers and Chinch Bugs. 28th. bienn. Rept. Kansas State Board Agric. Topeca 1933, 44—61.

[4]) Paillot, H., Problèmes posés par l'étude du l'entomologie appliquée. Livre Jubilaire de M. Eugène-Louis Bouvier. Paris 1936, 259—262.

[5]) Wolcott, G. U., An Economic Entomology of the West Indies. San Juan, Puerto Rico 1933, 151—153.

worden sein sollen. Die ursprünglich als sehr erfolgreich angesehene Bekämpfungsmaßnahme[1]), die auf größeren Flächen durchgeführt wurde (mehrere Plantagen hatten Kulturschränke nach Rorers Muster eingerichtet, in denen der Pilz im großen auf gekochtem Reis gezogen wurde), hat die in sie gesetzte Erwartung nicht erfüllt. Wie Wolcott[2]) berichtet, ist die Virulenz der Sporen so weitgehend von Temperatur und Feuchtigkeit, die nicht vom Menschen beeinflußbar sind, abhängig und der Pilz natürlicherweise so weit verbreitet, daß eine Epidemie ausbricht, unbeeinflußt von irgendwelchen Maßnahmen des Menschen, sobald günstige Bedingungen für den Pilz eintreten.

Auf der anderen Seite stehen Berichte, in denen ausdrücklich hervorgehoben wird, daß Erfolge mit insektentötenden Pilzen nur den örtlichen günstigen Witterungsverhältnissen zuzuschreiben sind. So betont Dustan[3]), daß die guten Ergebnisse, die er mit *Entomophthora sphaerosperma Fres.* in Nova Scotia gegen den eingeschleppten Apfelsauger, *Psylla mali Schmidb.*, erzielt hat, nur den günstigen klimatischen Verhältnissen in den maritimen Provinzen Kanadas zu danken sei: den ziemlich starken sommerlichen Regenfällen, dem Auftreten der vom Ozean kommenden Nebel und der allgemeinen feuchten Atmosphäre; außerdem trug zum Erfolg bei, daß *Psylla mali* ein einbrütiges Insekt ist, das während vier Monaten dem Pilzbefall ausgesetzt ist.

Die Erfolge[4]), die in Florida mit der biologischen Bekämpfung von Aleyrodiden und Cocciden durch Pilze erzielt wurden, sind sicher ebenfalls durch die günstigen klimatischen Verhältnisse: das feuchte Inselklima Floridas, warme Sommer mit zahlreichen Regenfällen in den Monaten Juni bis September[5]), bedingt. Über den großen Einfluß der Witterung auf das Auftreten und die Wirksamkeit parasitischer Pilze berichtet eine Notiz im „Florida Entomologist": der Oktober 1922 war ein ungewöhnlich regenreicher Monat in Florida, kein Tag ohne Regen wurde

---

[1]) Gough, L. H., Results obtained in the Study of the Froghopper during the Wet Season of 1910. Bull. Dept. Agric. Trinidad **10**, 1911, 5—50; C. D. L. [Larsen], Fighting the Cane Froghopper in Trinidad by Means of a Fungus Parasite. Hawaiian Planters' Record **5**, 1911, 3—5; Rorer, J. B., The Green Muscardine of Froghoppers. Proc. Agr. Soc. Trinidad and Tobago **10**, 1910, 467—482; The Green Muscardine Fungus and its Use in Cane Fields. Board Agric. Trinidad and Tobago, Circ. **8**, 1913; The Green Muscardine Fungus. Bull. Dept. Agric. Trinidad **12**, 1913, 105.

[2]) Vgl. Fußnote 5 S. 663.

[3]) Dustan, A. G., A Fungus Parasite of the Imported Apple Sucker *(Psylla mali Schmid.)*. Artificial Spread of *Entomophthora sphaerosperma*. Agric. Gazette Canada **10**, 1923, 16—19; The Control of the European Apple Sucker by Means of a Parasitic Fungus. 60th Ann. Rpt. Fruit Growers' Association Nova Scotia 1924, 100—104; The Control of the European Apple Sucker *Psylla mali Schmid.* in Nova Scotia, particularly by the Fungus Disease *Entomophthora sphaerosperma Fres.* Canada Dept. Agric. Pamphlet, n.s. **45**, 1924; A Study in the Methods used in Growing *Entomophthorous Fungi* in Cages prior to their Artificial Dissemination in the Orchards. 55th Ann. Rpt. Entom. Soc. Ontario 1924. 1925, 63—67; The Artificial Culture and Dissemination of *Entomophthora sphaerosperma Fres.*, a Fungus Parasite for the Control of the European Apple Sucker *(Psylla mali Schmid.)*. Journ. Econ. Entom. **20**, 1927, 6—75.

[4]) Über die Feststellungen von Morrill & Back, die diese günstigen Berichte einschränken, siehe den Schluß dieses Absatzes.

[5]) Mitchell, A. J., and Ensign, M. R., The Climate of Florida. Univ. Florida, Agric. Exp. Stat., Bull. **200**, 1928.

verzeichnet: die genaue Zählung einiger hundert Citrus-Blätter in Gainesville zeigte, daß die Pilze 97,2% der Herbstbrut von *Dialeurodes citri Ril. & How.* vernichtet hatten.[1]) Yothers[2]), der den Standpunkt vertritt, daß die Citrus-Kultur in Florida ohne die Hilfe der insektentötenden Pilze kaum fortgeführt werden könnte, hebt ebenfalls die klimatisch günstige Lage Floridas hervor, wenn er berichtet, daß in Süd-Alabama und in Louisiana die Citrus-Schädlinge ebenso wie in Florida von Pilzen befallen werden, daß sich dagegen in Texas, da dort im Sommer stärkere und regelmäßige Regenfälle fehlen, die insektentötenden Pilze nie eingebürgert haben, obwohl sie tausendmal mit Baumschulmaterial, das von pilzparasitierten Aleyrodiden oder Cocciden befallen war, eingeführt wurden. Die Versuche zur Verwendung von Pilzen zur Bekämpfung von Mottenschildläusen und Schildläusen in Florida[3]) gingen aus von der Entdeckung einer Pilzkrankheit von *Dialeurodes citri Ril. & How.* durch Webber 1893 (Swingle & Webber 1894) und einer Pilzerkrankung der San José-Schildlaus, *Aspidiotus perniciosus Comst.* durch Rolfs 1896. Webber berichtete bereits 1897 über Methoden zur Verbreitung der Pilzsporen und über die erfolgreiche Einbürgerung von *Aschersonia aleyrodis Webber* in Pflanzungen, in denen die Aleyrodiden vorher frei von Pilzbefall waren. Auch Rolfs führte sogleich nach der Entdeckung des als Coccidenparasit bereits aus Europa, Australien, Mittel- und Nordamerika bekannten *Sphaerostilbe coccophila Tul.*, die ein Verschwinden der San José-Schildlaus in 2 Jahre vorher noch stark befallenen Gärten bewirkt hatte, Ver-

---

[1]) The Entomogenous Fungi. Florida Entomologist **6**, 1922, 40.

[2]) Yothers, W. W., Some Important Entomological Features in the Citrus Growing Regions of the United States. Florida Entomologist **10**, 1926, 1—3.

[3]) Berger, E. W., Whitefly Control. Univ. Florida, Agric. Exp. Stat. Bull. **103**, 1910; Whitefly Fungus in Cold Storage. Florida Agric. Exp. Stat. Press. Bull. **162**, 1911; Gossard, H. A., Two Peach Scales. Flordia Agric. Exp. Stat. Bull. **61**, 1902; White Fly *(Aleyrodes citri)*. Florida Agric. Exp. Stat. Bull. **67**, 1903; Hill, S. B., Yothers, W. W., and Miller, R. L., Effect of Arsenical and Copper Insecticides on the Natural Control of Whiteflies and Scale Insects by Fungi on Orange Trees in Florida. Florida Entomologist **18**, 1934, 1—4; Rolfs, P. H., A Fungus Disease of the San José Scale. Florida Agric. Exp. Stat. Bull. **41**, 1897; Rolfs, P. H., and Fawcett, H. S., Fungus Diseases of Scale Insects and Whitefly. Florida Agric. Exp. Stat. Bull. **119**, 1913 (Revised by P. H. Rolfs); Speare, A. T., Natural Control of the Citrus Mealybug in Florida. U. S. Dept. Agric. Bull. **1117**, 1922; Swingle, W. T., and Webber, H. J., Preliminary Notice of Fungous Parasite on *Aleyrodes citri R. & H.* Journ. Mycol. **6**, 1894, 363—364; Uphof, J. C. Th., Über die Verwendung von Krankheitserregern zur Bekämpfung schädlicher tropischer Insekten. Tropenpflanzer **26**, 1923, 4—7; Die moderne Insektenbekämpfung in den Vereinigten Staaten. Ztschr. angew. Entom. **9**, 1923, 343—352; Watson, J. R., Utilization of Fungus Parasites of *Coccidae* and *Aleurodidae* in Florida. Journ. Econ. Entom. **5**, 1912, 200—204; Preserving Fungus Parasites of Whitefly. Flordia Agric. Exp. Stat. Press. Bull. **217**, 1913, Press Bull. **257**, 1916, Press Bull. **299**, 1918; Whitefly Control 1914. Florida Agric. Exp. Stat. Bull. **123**, 1914; Citrus Scales and Whitefly. Florida Agric. Exp. Stat. Press Bull. **272**, 1917; Insects of a Citrus Grove. Florida Agric. Exp. Stat. Bull. **148**, 1918; Entomogenous Fungi. Florida Agric. Exp. Stat. Press Bull. **306**, 1923; The San José Scale. Florida Agric. Exp. Stat. Press Bull. **331**, 1921, Press Bull. **430**, 1931; Purple Scale. Florida Agric. Exp. Stat. Press Bull. **256**, 1916, Press Bull. **297**, 1918, Press Bull. **355**, 1924, Press Bull. **403**, 1928; Webber, H. J., The Principal Diseases of Citrus Fruits in Florida. Division Vegetable Physiology and Pathology, Bull. **8**, 1896, 27—28; Sooty Mold of the Orange and its Treatment. Ebd. Bull. **13**, 1897, 20—32.

suche durch, die zeigten, daß sich der Pilz künstlich in schildlausbefallenen Pflanzungen einbürgern ließ. Wie Gossard mitteilt, sollen diese Versuche von Rolfs so erfolgreich gewesen sein, daß noch 12 Jahre später die Pfirsichpflanzung, in der diese ersten Versuche angestellt wurden, nur einen ganz geringen Befall durch die San José-Schildlaus aufwies. Die neue Bekämpfungsmethode, die noch weiter ausgebaut wurde, fand bald allgemeineren Eingang und wurde auch auf gewerblicher Basis durchgeführt; wie Watson 1912 berichtete, hatte im vorhergehenden Sommer einer dieser gewerbsmäßigen Spritzer 100000 Bäume, die mehr als 100 Züchtern gehörten, behandelt und außerdem noch Pilze an Züchter abgegeben, die selbst spritzten. Die wichtigsten der gegen Citrus-Aleyrodiden, besonders *Dialeurodes citri Ril. & How.*, *Dialeurodes citrifolii Morg. (nubifera Berger)* und *Aleurothrixus howardi Quaint.* angewandten Pilze sind *Aschersonia aleyrodis Webber* (Red Aschersonia oder Red Fungus), *Aschersonia (goldiana Sacc. & Ellis) flavo-citrina P. Henn.* (Yellow Aschersonia oder Yellow Fungus) und *Aegerita webberi Fawcett* (Brown Fungus). Die anfänglich angewandte Methode bestand darin, daß pilzbesetzte Blätter auf Bäumen, die von Aleyrodiden befallen waren, festgesteckt wurden, eine Methode, die sich aber nur im kleinen anwenden läßt; später wurde hauptsächlich mit Sporensuspensionen gespritzt, die durch kurzes Einlegen stark pilzbesetzter Blätter, die von Zeit zu Zeit gut umzurühren sind, gewonnen werden; es ist darauf zu achten, daß zum Verspritzen der Pilzsuspension, die vor dem Einfüllen durchzuseihen ist, keine Spritzen benutzt werden, die aus Kupfer bestehen oder vorher zum Spritzen mit chemischen Mitteln, besonders Fungiziden, verwendet wurden. Die beste Zeit zum Spritzen ist während feuchter Witterungsperioden, besonders zu Beginn der Sommerregen, zumal auch zu dieser Zeit die jungen Larven in großer Zahl auf den Blättern aufzutreten beginnen. Die gegen Cocciden verwendeten Pilze sind 1. *Sphaerostilbe (aurantiicola) coccophila Tul.* (Red-headed Fungus), 2. *Ophionectria (Podonectria) coccicola Ell. & Ev.* (White-headed Fungus) und 3. *Myriangium duriaei Mont.* Gegen die wichtigste Citrus-Schildlaus *Lepidosaphes becki Newm.* werden alle drei Pilzarten verwendet, Nr. 1 auch gegen *Aspidiotus perniciosus Comst.*, *Parlatorea pergandei Comst.*, *Lepidosaphes gloveri Pack.*, *Chrysomphalus aonidum L.* und *(Aonidiella) aurantii Mask.*, Nr. 3 besonders gegen *P. pergandei*, ferner auch gegen *L. gloveri* und *A. perniciosus*. Neben dem Spritzen von Pilzsporensuspensionen kam gegen diese Citrus-Schildläuse noch eine weitere Methode in Gebrauch, bei der Zweigstücke mit pilzbefallenen Schildläusen auf Zweige gebunden wurden, die stark mit gesunden Schildläusen besetzt waren. Eine dritte Möglichkeit der Übertragung der Pilzsporen sowohl zur Bekämpfung von Cocciden wie von Aleyrodiden — allerdings nur bei geringerer Baumzahl — ist das Eintauchen von Zweigen mit Schädlingsbefall in flache Schalen mit Wasser, das vorher durch Einlegen pilzbefallener Blätter mit Sporen angereichert wurde. Auf Grund der Feststellungen von Fawcett hat Watson (1912) einige Zahlen mitgeteilt, welche die Wirksamkeit der Pilze gegenüber Citrus-Schildläusen darlegen und auf der Beobachtung beruhen, daß durch Spritzen mit Kupferkalkbrühe auch die insektentötenden Pilze vernichtet werden und dann die Schildläuse sich ungehindert vermehren können; nach Zählungen, die am 1. September, 25. Oktober und 28. November durchgeführt wurden, waren je

10 ungespritzte Orangen mit 25.7, 52 und 70 Schildläusen besetzt, je 10 mit Kupferkalkbrühe gespritzte mit 370, 2559 und 6835 Schildläusen; auf je 50 unbehandelten Blättern wurden 33.4, 10 und 8 Schildläuse und auf je 10 bespritzten 175.6, 155 und 194 Schildläuse festgestellt. Auch Speare (1922) kam zu gleichen Ergebnissen über die Beziehungen zwischen der Verwendung von Fungiziden und dem Auftreten von *Entomophthora fumosa Speare*, des Pilzparasiten von *Pseudococcus citri Risso* in Florida. Hill, Yothers & Miller teilen ähnliche Feststellungen hinsichtlich von Citrus-Aleyrodiden mit: in ungespritzten Citrus-Kulturen in Orlando, Fla., beträgt die natürliche Vernichtung von Aleyrodiden durch Pilze 90%; wenn jedoch die Kulturen mit kupferhaltigen Mitteln gespritzt werden, kann nur noch 40—50% Abgang durch Pilzerkrankung erwartet werden; ebenso berichten diese Verfasser, daß die Anwendung kupferhaltiger Mittel bei der Bespritzung von Orangenbäumen bewirken kann, daß *Lepidosaphes becki Newm.* zu einer Population anwächst, die fast zweimal so groß ist wie die unbehandelter Bäume. Es wird daher auch empfohlen, auf die Anwendung von Kupferkalkbrühe stets innerhalb eines Monats eine Spritzung mit einer Ölemulsion folgen zu lassen, um die Zunahme der Schildläuse zu verhindern, und ferner zu Beginn der Regenzeit die Schildläuse wieder einzuführen. Auch in Westindien[1]), wo schon im natürlichen Zustande ein weit verbreitetes Auftreten insektentötender Pilze als Parasiten von Schildläusen festzustellen ist (neben den drei schon für Florida genannten Arten noch *Cephalosporium lecanii Zimm.*) sollen ebenfalls stellenweise gute Erfolge mit der künstlichen Verwendung von Pilzen zur Bekämpfung von Cocciden erzielt worden sein, so mit *C. lecanii* auf Barbados[2]) gegen *Lecanium viride Green, L. mangiferae Green, Pulvinaria pyriformis Ckll.* und *Vinsonia stellifera Westw.* und auf Grenada[3]) gegen *L. mangiferae Green.*[4])

Diesen außerordentlichen günstigen Berichten stehen jedoch die Ergebnisse gegenüber, die Morrill & Back[5]) in vierjährigen Versuchen zur Bekämpfung von *Dialeurodes citri Ril. & How.* in Florida erzielt haben; sie fanden, daß sich die Pilze zwar mit Erfolg in Pflanzungen, in denen die Aleyrodiden noch keinen Pilzbefall zeigen, einführen lassen, daß sich aber, wenn sie einmal allgemein in einer Pflanzung eingebürgert sind, ihre Wirksamkeit durch weitere künstliche Einbringung nicht steigern läßt; umfangreiche Versuche zeigten, daß dort, wo die Pilze selbst nur in geringer Menge vorhanden waren, 3—6 Sporenspritzungen

[1]) South, F. W., The Control of Scale Insects in the British West Indies by Means of Fungoid Parasites. West Indian Bull. **11**, 1910, 1—30.

[2]) Bovell, J. R., The Use of Entomogenous Fungi on Scale Insects in Barbados. West Ind. Bull. **12**, 1912, 399—402.

[3]) South, F. W., Further Notes on the Fungus Parasites of Scale Insects. West Ind. Bull. **12**, 1912, 403—412.

[4]) In diesem Zusammenhange sei erwähnt, daß sich auf Montserrat die Anpflanzung von „Bengal Beans" *(Mucuna pruriens, var.)*, die an Linden emporklimmen und sie bedecken, als Maßnahme zur Verminderung von Schildläusen erwiesen hat (South, 1910, p. 7—10); man nahm ursprünglich an, daß die nützliche Wirkung der „Bengal Beans" auf der Begünstigung der insektentötenden Pilze beruhe, eine Erklärung, die aber auf Grund späterer Versuche aufgegeben wurde (South, 1912, p. 405—406).

[5]) Morrill, A. W., and Back, E. A., Natural Control of White Flies in Florida. U. S. Dept. Agric., Bur. Entom. Bull. **102**, 1912.

keine Zunahme des Pilzauftretens erzielen konnten; durch einige der besonders sorgfältig durchgeführten Versuche ergab sich sogar, daß der Pilzbefall schneller zugenommen hatte in unbespritzten Kontrollabschnitten von Citruspflanzungen als in den mit Pilzsporensuspensionen gespritzten; die beiden Verfasser betonen, daß in keinem Falle ein praktischer Nutzen durch künstliche Steigerung des Pilzauftretens in Pflanzungen erzielt worden sei, in denen die Pilze schon vorher vorkamen. Sie empfehlen daher eine Verwendung der Pilze zur Aleyrodidenbekämpfung nur für solche Citrus-Pflanzungen (z. B. für die in den „hammocks" Floridas gelegenen), in denen die Anwendung chemischer Mittel schwer durchführbar ist. Auch Pulselli[1]) kommt auf Grund seiner Versuche mit *Sphaerostilbe coccophila Tul.* gegen *Aonidia lauri Bouché* und *Aleyrodes lauri Sign.* zu dem Ergebnis, daß die Methode praktisch nicht anwendbar ist, da der Pilz zwar in der Natur häufig sei, sich aber in Insekten nur unter bestimmten Bedingungen entwickle. Nowell[2]) hat geltend gemacht, daß die Pilze als Parasiten erst wirksam werden, wenn ihre Wirte zahlreich sind; je ausgedehnter und erfolgreicher ihre Wirksamkeit ist, desto weniger Wirte stehen zur Verfügung; wenn so der Pilzbefall herabgesetzt ist, beginnt ein neues Anschwellen der Insektenpopulation, die nun wieder durch die zunehmende Zahl der parasitischen Pilze überwuchert wird. Petch[3]) endlich vertritt den völlig ablehnenden Standpunkt, daß nichts dazu berechtige, die Verwendung insektentötender Pilze als Bekämpfungsmethode gegen Schadinsekten zu empfehlen. Was die Pilzerkrankungen der Aleyrodiden in Florida anbetrifft, so seien die Pilze dort ständig vorhanden und riefen periodische Epidemien hervor; es sei jedoch unmöglich, solche Epidemien außerhalb der Zeit, in der sie natürlich auftreten, hervorzurufen; auch sei es ebenso wenig möglich, durch Spritzen oder Verteilen der Pilze die Ausdehnung und Wirksamkeit des Befalls zu verstärken wie durch Einführen von Pilzen in Ländern, in denen sie nicht vorkommen, eine Epidemie hervorzurufen; wo sie fehlen, werden sich Bedingungen feststellen lassen, die ihr dortiges Fortkommen unmöglich machen.

Zum Schluß dieses Abschnittes sind noch zwei Verfahren zu erwähnen, von denen besonders das zuerst beschriebene im Gegensatz zu den vorher geschilderten Maßnahmen mehr als eine „Begünstigung" insektentötender Pilze anzusehen ist. Es ist dies das besonders von Schwangart[4]) empfohlene „Zuhäufeln" der Rebstöcke, durch das die Wirksamkeit des Pilzes *Spicaria farinosa verticilloides*

---

[1]) Pulselli, A., La *Sphaerostilbe coccophila Tul.* come parassita dell'*Aonidia lauri Bouché* e die altri insetti. Boll. R. Staz. Patol. Veget., nuova ser. **8**, 1928, 262—283.

[2]) Nowell, W., The Efficiency of Fungoid Parasites of Scale-Insects. Agric. News **14**, 1915, 110, 126—127; Nowell weist auch darauf hin, daß die Gefahr besteht, mit Blättern, die zur Verbreitung des Pilzbefalles in Pflanzungen verteilt werden, dort noch nicht vorhandene Schildläuse einzuschleppen.

[3]) Petch, T., Entomogenous Fungi and their Use in Controlling Insect Pests. Ceylon Dept. Agric. Bull. **71**, 1925 (zitiert nach Rev. Appl. Entom., Ser. A **13**, 1925, 220—221).

[4]) Schwangart, Fr., Die biologische Schädlingsbekämpfung und ihre Bedeutung für die Forstwirtschaft. Tharandter Forstliches Jahrbuch **65**, 1914, 318—345; Stellwaag, F., Methoden der biologischen Bekämpfung schädlicher Insekten im Pflanzenschutz. Abderhalden, Handb. biol. Arbeitsmethod., Abt. IX, Teil 1, 2. Hälfte, Heft 3. Berlin u. Wien 1926, S. 603—660.

Fron gegenüber den Traubenwicklern erhöht wird: Die älteren verholzten Teile, unter deren abgestoßener und dem Stamm lose anhaftender Borke sich die Raupen häufig verpuppen, werden mit einer dicht anliegenden Erdschicht bedeckt, indem man die Erde rings an den Stämmen heraufzieht und fest andrückt; bei sorgfältiger und rechtzeitiger Ausführung — die Bedeckung muß von Anfang Dezember bis Anfang März dauern — kann der Pilzbefall der überwinternden Traubenwicklerpuppen, der normalerweise je nach dem Feuchtigkeitsgrad 5—10% betragen kann, auf 90—95% steigen. Das Verfahren ist jedoch nach Schwangarts Angaben von der Bodenart, der Erziehungsart der Pflanzen und vom Klima abhängig: Nur auf „bindigen" Böden, ohne starke Durchmischung mit Steinen, ist der Erfolg durchschlagend; nur bei den niedrigen Erziehungsarten kann die Erde hoch genug emporgezogen werden, um auch die höher sitzenden Puppen zu erreichen; endlich hat sich gezeigt, daß die gute Wirkung, wie sie in den linksrheinischen Weinbaugebieten, besonders in der Rheinpfalz, und in Frankreich[1]) erreicht wird, im Maingebiet und in Württemberg ausblieb; Versuche von Schwangart in Franken zeigten, daß dort weit weniger Puppen zugrundegingen als in der Pfalz, da der in der Rheingegend häufig auftretende Pilz in Franken selten war, was nach Ansicht Schwangarts möglicherweise auf klimatischen Bedingungen beruht. Auch Fulmek[2]) und Voukassovitch[3]) halten das Verfahren zwar für geeignet für Begünstigung des Pilzes, jedoch für kein Universalmittel gegen den Heu- und Sauerwurm und raten im Hinblick auf die beschwerliche Durchführung und die Kosten zu einer Empfehlung des Verfahrens nur für Weinbaugebiete mit entsprechender Erziehungsart der Reben. Das zweite Verfahren ist die von Friederichs[4]) entdeckte Verwendbarkeit von *Metarrhizium anisopliae Metschn.* zur Bekämpfung des Nashornkäfers *Oryctes rhinoceros L.* Die praktische Anwendung beruht auf der Kombination mit dem Fanghaufensystem: Die Käfer werden durch die Fanghaufen aus verrottendem Material angelockt und legen in ihnen ihre Eier ab; die Larven werden durch den Pilz, mit dem die Fanghaufen künstlich verseucht werden, infiziert und vernichtet. Das Verfahren hat sich auf Samoa — wo der Käfer in natürlichem Zustande sowohl auf *O. rhinoceros* wie auf dem Bockkäfer *Stenodontes insularis Fairm.* von Friederichs gefunden wurde — nicht nur in Friederichs Versuchen, sondern auch später bei seiner praktischen Verwendung in Pflanzungen bewährt, so daß

---

[1]) Marchal, P., La Cochylis et l'Eudémis en 1912. Ann. Serv. Epiph. **1**, 1931, 248—252.

[2]) Fulmek, L., Ein Beitrag zum Eindeckungsverfahren der Rebstöcke als Mittel gegen Heu- und Sauerwurm. Ztschr. f. d. landw. Versuchswesen in Österreich, 1911, 916—922.

[3]) Voukassovitch, P., Étude d'un champignon entomophyte. Ann. Epiph. **11**, 1925, 95—97. Die von dem Verfasser in dieser Arbeit mitgeteilten Beobachtungen über die natürliche Wirksamkeit des Pilzes in einem Weinberg zeigten, daß seine Wirkung in den verschiedenen Teilen des Weinbergs verschieden war, am stärksten in den feuchtesten; die Verbreitung der Pilzsporen von einem Rebstock zum anderen geschah hauptsächlich durch die parasitischen Hymenopteren, welche die Sporen auf die Traubenwicklerpuppen bei der Eiablage übertrugen.

[4]) Friederichs, K., Über den gegenwärtigen Stand der Bekämpfung des Nashornkäfers *(Oryctes rhinoceros L.)* in Samoa. Tropenpflanzer **17**, 1913, 552, 554, 576, 660—668; Studien über Nashornkäfer als Schädlinge der Kokospalmen. Monographien zur angewandten Entomologie **4**, 1919, 75—100; Stellwaag, 1926.

Friederichs (1919, S. 96) folgendes Urteil über die Verwendungsmöglichkeit des Pilzes abgab: „Der Pilz des Nashornkäfers stellt in der dauernd sehr feuchten Atmosphäre Samoas ein Mittel dar, das in sachverständigen Händen mit durchgreifendem aber lokalem Erfolg neben der mechanischen Bekämpfung angewandt werden kann, ohne daß dadurch zu hohe Kosten entstehen."

2. Erregung von Bakterienkrankheiten

α) bei Insekten[1])

Wesentlich später als die insektentötenden Pilze wurden Bakterien zur biologischen Bekämpfung von Insekten herangezogen. Der erste, der Versuche in dieser Richtung unternahm und durch seine sehr günstig lautenden Berichte zahlreiche weitere Bekämpfungsversuche veranlaßte, war d'Hérelle.[2]) Im mexikanischen Staat Yukatan wurde 1909 eine Epidemie der Wanderheuschrecke *Schistocerca paranensis Burm. (americana Drury, pallens Thunbg.)* beobachtet; sie breitete sich 1910 weiter aus und befiel einen großen Teil der Heuschreckenschwärme; 1911 waren alle Schwärme befallen; 1912 war die Heuschreckeninvasion erloschen. 1910 isolierte d'Hérelle den Erreger und beschrieb ihn 1911 als *Coccobacillus acridiorum.* Dieser Bericht d'Hérelles veranlaßte die argentinische Regierung, ihn zu Versuchen über die Wirksamkeit des *C. acridiorum* gegen die Wanderheuschreckenplage in Argentinien zu berufen. 1912 und 1913 führte er diese Versuche in den Provinzen Santa Fé, Cordoba und Rioja durch; sie waren nach d'Hérelles Berichten[3]) äußerst erfolgreich: ganze Heuschreckenschwärme wurden in wenigen Tagen vernichtet; die Epidemie breitete sich mit den wandernden Schwärmen außerordentlich schnell aus; so wurden z. B. 6 Tage nach Anwendung der Bakterien infizierte Heuschrecken in 32 km Entfernung und weitere 7 Tage später kranke Tiere 300 km vom Infektionsort entfernt festgestellt. Nach d'Hérelles Mitteilungen ist die Lebensdauer des *C. acridiorum* beträchtlich; er kann in gut schließenden Gefäßen bei gewöhnlicher Temperatur 2 Jahre lebend erhalten werden; seine Virulenz sinkt jedoch sehr schnell; um Erfolge gegen Heuschrecken zu erzielen, muß daher nach d'Hérelle die Virulenz durch mehrere aufeinanderfolgende Heuschreckenpassagen (bis zu 12) so gesteigert werden, daß der Tod infizierter Tiere innerhalb von 8 Stunden eintritt (bei maximaler Virulenz soll das Absterben schon nach 2 Stunden erfolgen). Die praktische Anwendung geschah in der Weise, daß die Vegetation mit den Bakterien in geeigneten Nährlösungen (in denen sie bis zu 14 Tage virulent bleiben) bespritzt wird; die Heuschrecken infizieren sich mit dem Futter; nach einer Inkubationszeit von einigen Stunden bis mehreren Tagen zeigt sich Diarrhoe als Symptom der Erkrankung; die flüssigen Exkremente

[1]) Paillot, A., Les Maladies bactériennes des Insectes. Utilisation en agriculture des bactéries entomophytes. Ann. Serv. Epiph. **8**, 1921, 95—291.

[2]) d'Hérelle, F., Sur une épizootie de nature bactérienne sévissant sur les Sauterelles au Mexique. Comptes Rendus Acad. Sci. **152**, 1911, 1413—1415; Sur le procédé biologique de destruction des Sauterelles. Ebd. **161**, 1915, 503—505.

[3]) d'Hérelle, F., Sur la propagation, dans la République Argentine, de l'épizootie des Sauterelles du Mexique. Compt. Rend. Acad. Sci. **154**, 1912, 623—625; Le Coccobacille des Sauterelles. Annales Institut Pasteur **28**, 1914, 280—328, 387—407; Gallardo, A., La destrucción de la langosta. Anales Museo nacion. Hist. Nat. **23**, 1912, 155—165.

verbreiten den Infektionsstoff auf die Pflanzen, die anderen Heuschrecken zur Nahrung dienen; so setzt sich die Ansteckung bis zur Aufreibung des Schwarmes fort; bei *Schistocerca paranensis Burm.* findet sich noch eine weitere sehr bedeutsame Ansteckungsweise: Kannibalismus der Larven und selbst der Imagines, die besonders in Gebieten wirksam wird, die vegetationsarm sind; die langsamere Verbreitung der Epidemie bei Angehörigen anderer Gattungen (z. B. *Dociostaurus (Stauronotus)* und *Caloptenus*) führt d'Hérelle darauf zurück, daß bei ihnen Kannibalismus nicht auftritt. 1915 hat d'Hérelle[1]) nochmals eine ausgedehnte Plage von *Schistocerca gregaria Forsk. (peregrina Ol.)* in Tunis mit Hilfe seines *C. acridiorum* bekämpft; außer ihm aber auch noch mechanische Methoden, besonders zum Schutze von Feldern, die unmittelbar von den Heuschreckenschwärmen bedroht waren, angewendet, da die Bakterienerkrankung in solchen Fällen nicht schnell genug wirken soll.

Zu denselben Ergebnissen gelangten auch Beguet, Musso & Sergent[2]) bei ihren 1914/15 in Algerien durchgeführten Versuchen gegen *Sch. gregaria;* die biologische Bekämpfungsmethode war erfolgreich, wenn sie mit den schon gebräuchlichen mechanischen Methoden kombiniert wurde, als alleinige Maßnahme aber höchstens in Wüsten oder Halbwüsten oder in Gegenden zu empfehlen, wo die Felder nicht unmittelbar bedroht sind. Im Bezirk Sebdou (Dept. Oran) trat jedoch ein völliger Fehlschlag ein; er wurde von Sergent[3]) durch Immunität der Heuschrecken erklärt, die sie durch natürliche Infektion, hervorgerufen durch zwei in dieser Gegend auftretende Bakterien der gleichen Gruppe wie *C. acridiorum,* erworben haben sollten. Die eingehenden Untersuchungen von Velu & Bouin[4]) gegen *Sch. gregaria* in Marokko 1915 ergaben trotz mancher Unvollkommenheiten der Methode gute Resultate; die in späteren Jahren von Velu[5]) fortgesetzten Versuche zeigten aber, daß in Marokko ebenso wie in

[1]) d'Hérelle, F., La campagne contre les Sauterelles en Tunisie. Bull. Soc. Path. Exot. **8**, 1915, 629—633.

[2]) Beguet, M., Musso, L., et Sergent, Et., Troisième campagne contre les Acridiens *(Schistocerca peregrina Ol.)* en Algérie au moyen du *Coccobacillus acridiorum d'Hérelle.* Bull. Soc. Path. Exot. **8**, 1915, 634—637; Beguet, M., Quatrième campagne contre les Acridiens *(Schistocerca peregrina Ol.)* en Algérie au moyen du *Coccobacillus acridiorum d'Herelle.* Ebd. **9**, 1916, 679—682; Campagne d'experimentation de la méthode biologique contre les *Schistocerca peregrina*, en Algérie, de décembre 1914 à juillet 1915, et en particulier dans la region de Barika (Département de Constantine). Ann. Inst. Pasteur **30**, 1916, 225—242; Musso, L., Campagne d'experimentation de la méthode biologique contre les *Schistocerca peregrina* dans la région de Bougzoul—Msiline, commune mixte de Boghari (Dep. d'Alger), Mai—juin 1915. Ann. Inst. Pasteur **30**, 1916, 319—329.

[3]) Sergent, Et., Campagne d'experimentation de la méthode biologique contre les *Schistocerca peregrina* dans la vallée de la Haute Tafna, commune mixte de Sebdou. Existence d'une épizootie autochtone vaccinante (Mai, juin, juillet 1915). Ann. Inst. Pasteur **30**, 1916, 209—224.

[4]) Velu, H., et Bouin, A., Essai de destruction du *Schistocerca peregrina* en Maroc, par le *Coccobacillus acridiorum* du Dr. d'Hérelle. Ann. Inst. Pasteur **30**, 1916, 389—421; Essais de destruction de *Schistocerca peregrina Ol.* au Maroc, par l'emploi des cultures microbiennes *(Coccobacillus acridiorum d'Hérelle)*. Bull. Soc. Path. Exot. **8**, 1915, 638—641.

[5]) Velu, H., La lutte contre *Schistocerca peregrina* au Maroc, en 1916, par la méthode biologique; deuxième campagne d'experimentation. Bull. Soc. Path. Exot. **9**, 1916, 682—684; Deuxième campagne d'experimentation de la méthode d'Hérelle au Maroc contre *Schistocerca peregrina Ol.* Ann. Inst. Pasteuer **31**, 1917, 277—290.

Algerien infolge des Auftretens natürlicher Bakterienerkrankungen die künstliche Infektion mit *C. acridiorum* sehr erschwert oder unmöglich gemacht wurde; das abschließende Urteil Velus[1]) lautete daher auch 1919, daß das Verfahren zur Zeit noch von keiner praktischen Bedeutung sei. Bei ihren Versuchen zur Bekämpfung von *Dociostaurus (Stauronotus) maroccanus Thunbg.* in Algerien 1913 machten Sergent & Lhéritier[2]) die Erfahrung, daß diese Wanderheuschrecke ziemlich resistent gegen Infektion mit *C. acridiorum* war; erst nach der 28. Passage trat der Tod der infizierten Tiere bereits nach 7 Stunden, nach der 70. nach 6 Stunden und nach der 100. nach 4 Stunden ein, während nach den ersten Passagen die Versuchstiere erst nach 23 Stunden starben. Da bei *D. maroccanus* keine Neigung zum Kannibalismus besteht, fällt die Ansteckung durch Verzehren infizierter Kadaver fort. Auch bei der praktischen Anwendung war die Ausbreitung der Epidemie unter den Heuschreckenschwärmen teils nicht schnell, teils nicht merklich genug. Die Verfasser nehmen als Ursache für das teilweise Fehlschlagen an, daß sich die Ansteckung nicht auf die Mehrzahl der Heuschrecken erstreckt hat, oder daß viele eine natürliche Immunität besaßen, oder daß sie leicht eine aktive Immunität erwerben. Auch Beguet[3]) stellte in Algerien fest, daß *C. acridiorum* nur als Zusatz zur mechanischen Bekämpfung, besonders in dünnbesiedelten Distrikten geeignet sei. Während bei den vorgenannten Versuchen in Nordafrika wenigstens teilweise über günstige Erfolge berichtet wird, werden andererseits eine Reihe von Fällen berichtet, in denen Feldversuche[4]) mit *C. acridiorum* zur Heuschreckenbekämpfung ganz erfolglos verliefen; so von Lounsbury[5]) (Südafrika gegen *Zonocerus elegans Thunbg.*), Barber & Jones[6]) (Philippinen gegen *Oedaleus nigrofasciatus Deg.* und *Locusta migratoria L. ph. migratorioides Rch. & Frm.*), Gough & Mc Killop[7]) (Ägypten gegen *? Schistocerca gregaria Forsk.*), Pantanelli[8]) (Italien gegen *Dociostaurus maroccanus Thunbg.*) und Du Porte & Vanderleck[9]) (Kanada gegen verschiedene Heuschreckenarten, besonders *Melanoplus femurrubrum Deg.*). Die letztgenannten

---

[1]) Velu, H., La lutte contre les Acridiens au Maroc. Troisième campagne d'experimentation de la méthode biologique. Bull. Soc. Path. Exot. **12**, 1919, 362—364.

[2]) Sergent, E., et Lhéritier, A., Essai de destruction des Sauterelles en Algérie par le „*Coccobacillus acridiorum*" de d'Hérelle. Ann. Inst. Pasteur **28**, 1914, 408—419.

[3]) Beguet, M., Essais de destruction du *Stauronotus maroccanus Thunb.* en Algérie, au moyen du *Coccobacillus acridiorum d'Hérelle*. Bull. Soc. Path. Exot. **7**, 1914, 651—653.

[4]) Die erfolgreich verlaufenen Versuche von Laines, M., The Most Effective Scientific Means of Combating the Grasshopper. Revista Económica **5**, 1915, 268—270; und von Rorer, J. B., Report by the Mycologist on the Inoculation of Locusts with *Coccobacillus acridiorum*. Bull. Dept. Agric. Trinidad and Tobago **14**, 1915, 197—189, waren nur Laboratoriumsversuche.

[5]) Lounsbury, C. P., Locust Bacterial Disease. Agric. Journ. Union South Africa **5**, 1913, 607—611.

[6]) Barber, M. A., and Jones, C. R., A Test of *Coccobacillus acridiorum d'Hérelle*, on Locusts in the Philippines. Philippine Journ. Sci. **10**, Ser. B. 1915, 163—176.

[7]) Gough, L. H. and Mc Killop, A. T., Report on the Great Invasion of Locusts in Egypt in 1915 and the Means adopted to deal with it. Cairo 1916.

[8]) Pantanelli, E., Esperienze ed osservazioni sui principali sistemi di lotta contro le cavalette. Stazioni Sperimentali agrarie Italiane **51**, 1918, 245—305.

[9]) Du Porte, E. N., and Vanderleck, J., Studies on *Coccobacillus acridiorum d'Hérelle*, and on certain Intestinal Organisms of Locusts. Ann. Entom. Soc. Am. **10**, 1917, 47—62.

Verfasser führen das Versagen des *C. acridiorum* zum Teil auf das natürliche Vorhandensein von *Coccobacillus*-Stämmen zurück, die identisch oder nahe verwandt mit d'Hérelles *Coccobacillus* waren und zweifellos die Ursache einer Immunität der Heuschrecken.

Besonders beweisend gegen die Möglichkeit, *C. acridiorum* zur biologischen Bekämpfung von Wanderheuschrecken zu verwenden, sind die Versuche, die in Argentinien zur Nachprüfung der d'Hérelleschen Ergebnisse durch eine vom Landwirtschaftsministerium eingesetzte Kommission durchgeführt wurden.[1]) Zur Verwendung kamen Kulturen aus dem Institut Pasteur, die der Beschreibung d'Hérelles von *C. acridiorum* entsprachen. Laboratoriumsversuche zur Infektion von Heuschrecken per os verliefen negativ; ebenso brachten ausgedehnte Feldversuche (mit genauen Kontrollen über natürliches Auftreten von Erkrankungen), bei denen Kulturen verspritzt, mit Kulturen getränkte Melonen ausgelegt und durch Injektionen infizierte Heuschrecken ausgesetzt wurden, keinerlei Erfolg. Andererseits gelang es aber, aus dem Darm gesunder Heuschrecken Bakterien zu züchten, die alle Charaktere des *C. acridiorum* zeigten. Kraus[1]) gibt daher folgende Zusammenfassung der Ergebnisse: „Mittels des *Coccobacillus d'Hérelle*, welcher durch Passagen in seiner Virulenz gesteigert wurde, gelang es nicht, im Felde mittels Pulverisierung eine epidemische Ausbreitung und ein Sterben der Heuschrecken hervorzurufen." „Wir glauben, daß der *Coccobacillus d'Hérelle* ein normaler Darmbewohner der gesunden Heuschrecke ist, und daß sich mit diesem Bacterium nur durch direkte Injektion in die Bauchhöhle Heuschrecken töten lassen." „Die künstliche Verfütterung dieses Bacillus an Heuschrecken ruft keine Infektion hervor. Dieser Grundversuch erklärt auch den negativen Ausfall unserer Versuche im Feld." Dieselben Ansichten vertritt auch Barbará[2]); selbst bei gesteigerter Virulenz läßt sich durch Verspritzen der Kulturen keine allgemeine Seuche hervorrufen; *C. acridiorum* findet sich normal im Darm gesunder Heuschrecken[3]); die Infektion gelingt nur durch Injektion, nicht per os; es muß noch bezweifelt werden, ob der *Coccobacillus*, der aus toten Heuschrecken isoliert wurde, der wirkliche Erreger natürlicher Epidemien ist, wie sie von d'Hérelle in Yucatan und von anderen Beobachtern anderswo festgestellt wurden, da diese Epidemien weit größere Infektion und Schnelligkeit der Ausbreitung zeigen als sie künstlich hervorgerufen werden können. Auch die neuerdings wieder in Argentinien durchgeführten Versuche, über die Quiroga[4])

[1]) Kraus, R., Zur Frage der Bekämpfung der Heuschrecken mittels des *Coccobacillus acridiorum d'Hérelle*. Ctrbl. Bakt., Parasitenk. u. Infektionskrankh., II. Abt. **45**, 1916, 594—599.

[2]) Barbará, B., Valor del *Coccobacillus acridiorum d'Hérelle* para destruir la Langosta. Ann. Soc. Rur. Argentina **51**, 1917, 385—387; Estado actual de los estudios sobre el *Coccobacillus acridiorum d'Hérelle*. Rev. Instit. Bacteriol. **1**, 1917, 107—113.

[3]) Auch Mereschkowski, S. S., (Mitt. Staats-Instituts experiment. Agronomie **3**, 1925, 7—13) und Pospelov, V. P., (Plant Protection **6**, 1929, 13—20) sehen *C. acridiorum* als normalen Bewohner des Blutes und des Darmes von Heuschrecken an.

[4]) Quiroga, S. S., Acerca de la utilización del Microbio de d'Hérelle *(Coccobacillus acridiorum)* en la lucha contra la langosta del pais. In: Lucha Nacional contra la Langosta. Buenos Aires 1934, p. 55—60; (vgl. ferner: Marchionatto, J. B., Parasitos vegetales de la langosta. In: Parasitos mas importantes de la Langosta en la Republica Argentina. Boll. Mens. Minist. Agric. Nac. **34**, 1933, 227—233).

berichtet hat, haben durchaus diese Ergebnisse bestätigt. Zu den Befunden von Kraus hat La Baume[1]) geäußert, daß *C. acridiorum* wohl ein normaler Darmbewohner sein, trotzdem aber gelegentlich die Ursache infektiöser Darmerkrankungen der Heuschrecken werden könne, nämlich wenn bei diesen eine Disposition vorhanden ist; längere Zeit andauernde Nässe, besonders wenn sie zusammen mit Kälte auftritt, wirkt schädigend auf die Heuschrecken ein und schafft in ihrem Organismus eine Disposition für das Pathogenwerden von Darmbakterien; die Seuche pflegt wieder zu erlöschen, sobald mit Eintritt trockenen warmen Wetters die Heuschrecken ihre volle körperliche Widerstandsfähigkeit wieder erlangen; die Möglichkeit, diese Bakterien für die Heuschreckenbekämpfung nutzbar zu machen, würde sich daher auch lediglich auf einige örtlich und zeitlich begrenzte Fälle beschränken; überdies würde ja die Krankheit in diesen Fällen ohne Zutun des Menschen von selbst auftreten, so daß die Bemühungen eine künstliche Infektion hervorzurufen, gänzlich überflüssig wären. Übereinstimmend mit den Feststellungen von Kraus haben auch Barber und Jones (1915) bei ihren Versuchen gefunden, daß alle, selbst saprophytische Bakterien, wenn ihre Virulenz durch eine Reihe von Passagen gesteigert wurde, und wenn sie in die Leibeshöhle von Heuschrecken injiziert wurden, pathogen waren. Wie Uvarov[2]) bemerkt, erklärt dies auch, warum die verschiedensten Bakterien, die unter dem Namen *C. acridiorum* verbreitet wurden[3]), im Laboratorium bei Injektion pathogen waren, im Feld aber wirkungslos. Der gleiche Verfasser hat über das d'Hérellesche Verfahren folgendes Urteil abgegeben, das am besten diesen Abschnitt abschließt: „The fact that the ‚new method' disappeared from the horizon as quickly as it appeared, shows that it was absolutely unsound."

Ohne praktische Auswirkung sind auch die Versuche geblieben, die neuerdings gegen den Maiszünsler, *Pyrausta nubilalis Hb.*, durchgeführt wurden, nachdem Metalnikov & Chorine[4]), Chorine[5]) und später Metalnikov, Ermolaev & Skobaltzyn[6]) bei diesem Schädling zahlreiche pathogene Bakterien

---

[1]) La Baume, W., Biologie der marokkanischen Wanderheuschrecke. In: Bücher, H., Bauer, V., Bredemann, G., Fickendey, E., La Baume, W., u. Loag, J., Die Heuschreckenplage und ihre Bekämpfung. Monograph. angew. Entom. **3**, 1918, 273—274.

[2]) Uvarov, B. P., Locusts and Grasshoppers. London 1928, p. 200—202.

[3]) Mereschkowski, S. S., Zur Frage der Heuschreckenvernichtung mit Kulturen des Bacillus von d'Hérelle (Russisch). Arbeiten landw. bakt. Labor. **4** Nr. 12, 1913; Zur Frage der Vertilgung der Wanderheuschrecken durch Kulturen des *Bacillus d'Hérelle*. Ztrbl. Bakt., II. Abt. **40**, 1914, 131; Glaser, R. W., A Systematic Study of the Organisms distributed under the Name of *Coccobacillus acridiorum d'Hérelle*. Ann. Entom. Soc. Am. **11** 1918, 19—42.

[4]) Metalnikov, S., and Chorine, V., The Infectious Diseases of *Pyrausta nubilalis Hb.* International Corn Borer Investigations, Sci. Rpts. **1**, 1928, 41—69; Maladies microbiennes chez les Pyrales du Mais. Annales Institut Pasteur **42**, 1928, 1635—1660; Maladies microbiennes chez les chenilles de *Pyrausta nubilalis Hb.* Ann. Inst. Pasteur **43**, 1929, 136—151 (*Coccobacillus ellingeri, Vibrio leonardi, Bacterium pyraustae* no. 1—7).

[5]) Chorine, V., New Bacteria Pathogenic to the Larvae of *Pyrausta nubilalis Hb.* Intern. Corn Borer Invest., Sci. Rpts. **2**, 1929, 39—53; Nouveaux microbes pathogènes pour les chenilles de la Pyrale du Mais. Ann. Inst. Pasteur **43**, 1929, 1657—1668 (*Bacterium canadensis, B. ontarioni., B. christiei, Coccobacillus gibsoni, Micrococcus curtissi)*.

[6]) Metalnikov, S., Ermolaev, J., and Skobaltzyn, V., New Bacteria Pathogenic to the Larvae of *Pyrausta nubilalis Hb.* Internat. Corn Borer Invest., Sci. Rpts. **3**, 1930, 28—36 (*Bacterium pyrenei* no. 1—3, *B. cazaubon* no. 1—2, *B. italicum* no. 2).

nachgewiesen hatten.[1]) Nach vorbereitenden Laboratoriumsversuchen im Institut Pasteur, Paris, führte Chorine[2]) 1929 im Botanischen Garten in Zagreb (Jugoslawien) Freilandversuche mit *Coccobacillus ellingeri*, *Bacterium canadensis*, *B. galleriae* no. 2 und *B. thuringiensis* durch, bei denen Maispflanzen mit Emulsionen dieser Bakterien bespritzt und 3—10 Tage später mit Maiszünslerraupen besetzt wurden; 1930 wurden diese Versuche von Chorine[2]) in Keszthely (Ungarn) mit *Bacterium cazaubon*, *B. pyrenei* Nr. 1 und 2 und *B. galleriae* Nr. 2 wiederholt; gleichzeitig wurde dort ein größerer Feldversuch durchgeführt, bei dem *Bacillus thuringiensis* in Emulsion (ein kleinerer Versuch zeigte, daß diese Bakterienart auch als Pulver verstäubt werden kann) auf die Maispflanzen gespritzt wurde; die Pflanzen wurden teils ½ Stunde nach dem Spritzen, teils 1—2 Wochen nach dem Spritzen, teils 1—2 Wochen vor dem Spritzen jeweils mit der gleichen Zahl von Maiszünslerraupen besetzt. Alle Versuche ergaben sehr gute Wirksamkeit der Bakterien, insbesondere von *B. thuringiensis;* so zeigten z. B. bei den Versuchen in Zagreb die unbehandelten Kontrollpflanzen einen Durchschnittsbefall von 16,7 Larven je Maispflanze, während die Pflanzen der beiden Versuchsserien nur einen Durchschnittsbefall von 1,3 und 1,4 Larven je Pflanzen aufwiesen. Die Versuche in Keszthely ergaben, daß das Verfahren wirksam ist, wenn es 1—2 Wochen nach dem Ausschlüpfen der Maiszünslerraupen aus dem Ei angewendet wird; daß aber eine vorbeugende Anwendung (Spritzen vor dem Ausschlüpfen der Raupen) nicht möglich ist, da sich die Virulenz der auf die Pflanzen verspritzten Bakterien nur kurze Zeit erhält. Ebenfalls gute Resultate erzielten Metalnikov, Hergula & Strail[3]) 1930 bei Versuchen im Botanischen Garten in Zagreb (mit Emulsionen von *B. cazaubon*, *B. thuringiensis*, *B. pyrenei* Nr. 1 und 2, von *B. cazaubon* und *pyrenei* Nr. 1 und 2 in Mischung sowie mit Pulver von *B. galleriae* Nr. 2, *B. thuringiensis*, *B. cazaubon*, *B. italicum* und von *B. pyrenei* Nr. 1 und 2 in Mischung), sowie Husz[4]), der mit *B. thuringiensis* 1928 Laboratoriumsversuche und 1929—1931 Feldversuche in verschiedenen Gegenden Ungarns durchführte. Im Gegensatz zu den vorher geschilderten Versuchen wurden von Husz Maisfelder mit natürlichem Befall gewählt und keine künstliche Besetzung der Versuchspflanzen mit Maiszünslerraupen vorgenommen; sowohl das Bespritzen mit Sporensuspensionen wie das Bestäuben mit Sporenpulvern brachten gleichgünstige Ergebnisse: so

[1]) Außerdem zeigte sich auch, daß das von Berliner aus *Ephestia kühniella Zell.* beschriebene *Bacterium thuringiensis* und das von Metalnikov & Chorine entdeckte *Bacterium galleriae* no. 2 in Laboratoriumsversuchen sehr pathogen für *P. nubilalis*-Raupen waren.

[2]) Chorine, V., On the Bacteria in the Fight against the Corn Borer. Internat. Corn Borer Invest., Sci. Rpts. **3**, 1930, 94—98; Sur l'utilisation des microbes dans la lutte contre la Pyrale du Mais. Ann. Inst. Pasteur **46**, 1931, 326—336.

[3]) Metalnikov, S., Hergula, B., and Strail, D. M., Experiments on the Application of Bacteria against the Corn Borer. Internat. Corn Borer Invest., Sci. Rpts. **3**, 1930, 148—151.

[4]) Husz, B., *Bacillus thuringiensis Berl.* a Bacterium Pathogenic to Corn Borer Larvae. Intern. Corn Borer Invest., Sci. Rpts. **1**, 1928, 191—193; On the Use of *Bacillus thuringiensis* in the Fight against the Corn Borer. Ebd. **2**, 1929, 99—105; Field Experiments on the Application of *Bacillus thuringiensis* against the Corn Borer. Ebd. **3**, 1930, 91—93; Experiments during 1931 on the Use of *Bacillus thuringiensis Berl.* in Controlling the Corn Borer. Ebd. **4**, 1931, 22—23.

betrug z. B. 1929 die Zahl der befallenen Pflanzen in dem bespritzten Feld nur 23,43% gegenüber 41,32% im unbehandelten; die Zahl der abgebrochenen Stengel und Fahnen betrug im unbehandelten Feld 27,27%, während sie in dem behandelten Feld auf 12,89% herabgesetzt war; bei den Versuchen von 1930 war der Prozentsatz des Maiszünslerbefalls durch Anwendung der Bakterien von 44 auf 25 und der Prozentsatz der befallenen Stengel von 36 auf 14 vermindert; 1931 wurde der Befall in den behandelten Versuchsreihen mit 15,08%, in den unbehandelten mit 31,41% festgestellt; die Zahl der Bohrlöcher in den behandelten und unbehandelten Pflanzen war 326 und 962.

Ganz von diesen günstigen Ergebnissen abweichende Resultate wurden jedoch von Eckstein[1]) bei Versuchen in Rastatt erzielt, für die Kulturen von *B. thuringiensis* von Chorine zur Verfügung gestellt, und die wie die Versuche von Husz in Feldern mit natürlichem Maiszünslerbefall durchgeführt wurden. Die Prozentzahl befallener Pflanzen war in den 3 Versuchsfeldern, die mit Bakterienemulsionen bespritzt waren, 40.6, 37.6 und 45 bei der Julizählung, 66.1, 71.7 und 84.4 bei der Augustzählung, 90, 97 und 98 bei der Septemberzählung, während sie in den 4 Kontrollfeldern 36, 39, 35.4 und 50.3 (Juli), 66, 67.6 und 80.3 (August), 93, 92, 98 und 100 (September) betrug; der Kolbenbefall war bei der letzten Zählung in den 3 Versuchsfeldern 81, 84 und 91%, in den 4 Kontrollfeldern 81, 83, 91 und 96%. Eckstein urteilt deshalb über die Methode: „*Bacillus thuringensis* kommt daher für die Verhältnisse in Baden zur Bekämpfung von *Pyrausta nubilalis* nicht in Betracht."

Mit dem im vorstehenden häufig genannten *Bacillus thuringiensis Berl.* hat Mattes[2]) Versuche zur biologischen Bekämpfung seines natürlichen Wirtes, der Mehlmotte, *Ephestia kühniella Zell.*, durchgeführt, die ein gutes Beispiel für die Schwierigkeiten der biologischen Bekämpfung bieten. Der Entdecker des *B. thuringiensis*, Berliner[3]), hatte bereits auf Grund weniger Versuche vermutet, daß mit einer oberflächlichen Verbreitung der Krankheitskeime allein (Bespritzen der Wände und Maschinen mit Aufschwemmungen oder Verstäuben sporenhaltiger Trockenpräparate) ein durchschlagender Erfolg nicht zu erzielen sein dürfte. In den Versuchen von Mattes, der zwei Methoden zur Herstellung reichlichen Sporenmaterials ausgearbeitet hat und gute Ergebnisse bei der künstlichen Infektion von Mehlmottenlarven, die aus dem Gespinst herausgenommen waren, erzielte, wurden mehr oder weniger umfangreiche Mehlmottengespinste mit sporenhaltigem Mehl bestäubt oder mit Sporenaufschwemmungen besprüht. Obgleich die Versuchsbedingungen zweifellos günstiger waren als in Mühlen, wo sich die Gespinste an den unzugänglichen Stellen befinden, blieb der Erfolg aus. Die filzartige Gespinstmasse zeigte sich undurchlässig für die Bakteriensporen; nur ein Teil der Larven, der nahe der Oberfläche oder auf

[1]) Eckstein, F., Untersuchungen zur Epidemiologie und Bekämpfung von *Pyrausta nubilalis Hb.* und *Platyparea poecilopteva Schr.* Arb. phys. angew. Entom. Berlin-Dahlem **1**, 1934, 119—120.

[2]) Mattes, O., Parasitäre Krankheiten der Mehlmottenlarve und Versuche über ihre Verwendbarkeit als biologisches Bekämpfungsmittel. Sitzungsberichte der Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften zu Marburg **62**, 1927, 381—417.

[3]) Berliner, E., Über die Schlaffsucht der Mehlmottenraupe *(Ephestia kühniella Zell.)* und ihren Erreger *Bacillus thuringiensis n. sp.* Ztschr. angew. Entom. **2**, 1915, 29—56.

der Außenseite der Gespinstmasse Sporen aufnahm, wurde infiziert. Die infizierten Larven kriechen unruhig umher und verlassen dabei meist ihre Gespinste; sterben sie innerhalb der Gespinste, so versuchen sie, sich vorher einzuspinnen, so daß die Leiche mit einem kokonartigen Gewebe umgeben ist; eine Ansteckung von Tier zu Tier ist daher verhältnismäßig selten. An eine erfolgreiche Masseninfektion wäre nur zu denken, wenn man die Larven des natürlichen Schutzes ihrer Gespinste berauben könnte, eine Vorbedingung, die natürlich nicht erfüllbar ist.

Über günstige Ergebnisse mit der biologischen Bekämpfung von Schadinsekten durch Bakterien haben Glaser[1]), der 1917 mit dem von ihm in Zuchten der japanischen Rasse von *Lymantria (Porthetria) dispar L.* entdeckten *Streptococcus disparis* im Schwammspinnergebiet von Massachusetts an zwei Orten künstlich Epidemien der Raupen hervorrufen konnte, und S. Metalnikov & S. S. Metalnikov[2]) berichtet, die *Bacterium ephestiae, B. gelechiae* Nr. 5 und *B. cazaubon* gegen die Larven von *Pectinophora (Gelechia, Platyedra) gossypiella Saund.* in einem stark befallenen Baumwollfeld bei Kairo anwendeten; das beste Ergebnis wurde mit *B. ephestiae* erzielt: der Befall wurde im Vergleich zu den Kontrollfeldern um 50% herabgesetzt; dagegen wurde in Versuchsstreifen, die mit Arsen gespritzt wurden, nur 18% Verminderung festgestellt. Nach den oben mitgeteilten Erfahrungen muß aber abgewartet werden, ob sich beide Verfahren auch in weiteren Versuchen bewähren.[3]) Der Entdecker des eine Septikämie beim Kartoffelkäfer hervorrufenden *Bacillus leptinotarsae*, White[4]), rät selbst von einer Bespritzung der Kartoffelpflanzen mit Kulturen ab, läßt allerdings die Frage offen, ob die künstliche Infektion des Bodens mit krankheitserregendem Material oder eine andere Methode angebracht sei.

β) bei Nagetieren

Größeren Erfolg als gegen Insekten hat die biologische Methode der Verwendung von Bakterien gegen Nagetiere gehabt, die 1892 von Loeffler[5]) entdeckt wurde. Anfang dieses Jahres starben im Hygienischen Institut Greifswald eine Anzahl von weißen Versuchsmäusen an einer Bakterienkrankheit, als deren Erreger Loeffler den *Bacillus typhi murium* beschrieb; es gelang Loeffler, ihn auf Hausmaus *(Mus musculus L.)* und Feldmaus *(Microtus arvalis Pall.)* zu übertragen, während Brandmäuse *(Apodemus agrarius Pall.)* nicht anfällig waren. Noch im gleichen Jahre hatte Loeffler Gelegenheit, die neue Methode

[1]) Glaser, R. W., A new Bacterial Disease of Gipsy-Moth Caterpillars. Journ. Agric. Res. **13**, 1918, 515—522.

[2]) Metalnikov, S., et Metalnikov jr., S. S., Utilisation des bactéries dans la lutte contre les insectes nuisibles aux cotoniers. Compt. Rend. Soc. Biol. **113**, 1933, 169—172.

[3]) Nach Abschluß dieses Manuskriptes kommt mir eine weitere Veröffentlichung von Metalnikov, S., Utilisation des spores dans la lutte contre les insectes nuisibles. Compt. Rend. Soc. Biol. **125**, 1937, 1020—1023, zur Kenntnis, in der über diese Versuche wie auch über weitere gegen *Sparganothis pilleriana Schiff.* und *Clysia ambiguella Hb.* berichtet wird.

[4]) White, G. F., Potato Beetle Septicaemie. Journ. Agric. Res. **51**, 1935, 233—234.

[5]) Loeffler, F., Über Epidemien unter den im hygienischen Institute zu Greifswald gehaltenen Mäusen und über die Bekämpfung der Feldmausplage. Ztrbl. Bakt. **11**, 1892, 129—141; Die Feldmausplage in Thessalien und ihre erfolgreiche Bekämpfung mittels des *Bacillus typhi murium*. Ebd. **12**, 1892, 1—17; zur praktischen Verwendbarkeit des Mäusetyphusbazillus. Ebd. **13**, 1893, 647—649.

praktisch im großen bei der Bekämpfung einer Mäuseplage *(Microtus hartingi Barr.-Ham.)* in der Ebene von Larissa (Thessalien) anzuwenden, wohin ihn die griechische Regierung berufen hatte. Der Versuch, der mit einem vollen Erfolg Loefflers endete, veranlaßte, daß sich das Bakterienverfahren allgemein einführte und zu den brauchbaren Methoden der Feldmausbekämpfung gerechnet wurde. 1892 entdeckte auch Laser[1]) einen ähnlichen Bacillus in Feldmäusen; 1893 fand Danysz[2]) in Feldmäusen, Waldmäusen, Zwergmäusen und Hausmäusen einen Bacillus, der unter der Bezeichnung „Virus Danysz" sich besonders in Frankreich zur Nagetierbekämpfung einführte; 1895 isolierte Mereshkowsky[3]) aus Zieseln einen Bacillus, der sich auch gegen Feldmaus, Hausmaus, Waldmaus und Brandmaus wirksam erwies; in der Folgezeit sind noch weitere nagetierpathogene Bakterien, so von Grimm, Issatschenko, Neumann, Splendore und Trautmann beschrieben worden.[4])

Die Nagetierarten, gegen die Bakterienpräparate vornehmlich zur Anwendung gebracht werden, sind Feldmaus *(Microtus arvalis Pall.)* und Wanderratte *(Rattus norvegicus Berkenh.)*; die Anwendung geschieht durch Auslegen von Ködern (gegen Feldmäuse meist Hafer oder Kartoffelbrei, gegen Ratten Brot), die mit einer Bakterienaufschwemmung durchtränkt werden. Die Vorteile des Verfahrens liegen in seiner Billigkeit und in der guten Annahme der Köder durch Nagetiere (besonders wichtig bei Ratten, die vergiftete Köder häufig schlecht annehmen). Dagegen hat sich die Erwartung, die man anfänglich in das Bakterienverfahren setzte, nicht erfüllt, nämlich, daß sich nach Auslegen kleinerer Mengen oder nach künstlicher Infektion einiger Mäuse oder Ratten die Krankheit seuchenhaft unter den übrigen Tieren ausbreiten würde.

Es hat sich vielmehr gezeigt, daß die Infektion in der Regel nur durch die Aufnahme der bakterienhaltigen Ködern erfolgt; bei Ratten höchstens noch, wenn an der Krankheit eingegangene Tiere von Artgenossen gefressen werden. Praktisch haben also die Bakterienköder in ihrer Wirksamkeit nichts vor den Giftködern voraus, haben vielmehr den Nachteil einer geringeren Zuverlässigkeit. Dies ist natürlich besonders der Fall, wenn Bakterienpräparate nicht von einwandfreier

---

[1]) Laser, H., Ein neuer, für Versuchstiere pathogener Bazillus aus der Gruppe der Frettchen-Schweineseuche. Ztrbl. Bakt. **11**, 1892, 184—189; Fütterungsversuche mit dem Bazillus der Mäuseseuche-Laser. Ebd. **13**, 1893, 643—647.

[2]) Danysz, J., La destruction des Mulots. Bull. Soc. Nat. Agric. **10**, 1893, 681.

[3]) Mereschkowsky, S. S., Ein aus Zieselmäusen ausgeschiedener und zur Vertilgung von Feld- resp. Hausmäusen geeigneter Bazillus. Ztrbl. Bakt. I. Abt. **17**, 1895, 742—756; Feldversuche angestellt zur Vertilgung der Mäuse mittelst des aus Zieselmäusen ausgeschiedenen Bazillus. Ebd. **20**, 1896, 85—94, 176—187.

[4]) Regnier, R., & Pussard, R., die eine sehr gute Übersicht über die Geschichte, Kultur und praktische Verwendung des von ihnen als *Bacillus typhi murium* type D bezeichneten „Virus Danysz" geben (Le Campagnol des champs *(Microtus arvalis Pall.)* et sa destruction. Ann. Serv. Epiph. **12**, 1926, 470—514), betrachten alle als Rassen von *B. typhi murium Loeffler*. Eine eingehende Darstellung aller Fragen des Bakterienverfahrens mit Literaturverzeichnis findet sich ferner in: Schander, R., u. Meyer, R., Zur Bekämpfung der Feldmäuse. Archiv Naturgeschichte **89**, Abt. A, 1923, 1—130; Schander, R., u. Götze, G., Über Ratten und Rattenbekämpfung. Ztrbl. Bakt. II. Abt. **81**, 1930, 260—284, 335—501, **82**, 1930 111—112. — Weitere Literatur in diesem Handbuch 1932, 5. Bd. 2. Teil S. 880 und 894.

Beschaffenheit sind[1]); für die Herstellung einwandfreier Bakterienpräparate sind dauernde sachverständige Überwachung der Kulturen und Kontrolle durch Tierversuche notwendig. Selbst dann wird aber die praktische Verwendbarkeit besonders der bakteriellen Rattenbekämpfungsmittel noch durch die schwankende Virulenz der Kulturen beeinträchtigt, die außer durch eine gewisse Variabilität wahrscheinlich auch noch durch eine Reihe von Außenfaktoren beeinflußt wird. Hinzu kommt, daß eine Anzahl der Tiere, besonders der Wanderratten, eine Immunität besitzt, die vielleicht durch vorausgegangene natürliche Infektion erworben wurde. Es wird daher auch häufig ein kombiniertes Verfahren angewendet, indem gleichzeitig mit den Bakterienködern oder kurze Zeit später gifthaltige Bekämpfungsmittel ausgelegt werden, so Giftgetreide gegen Feldmäuse oder (wie bei dem Ratin-Ratinin-Verfahren) Meerzwiebelpräparate gegen Wanderratten. Als weiterer großer Nachteil kommt die Gefährlichkeit des Verfahrens hinzu, die durch die nahe Verwandtschaft der nagetierpathogenen Bakterien mit dem *Bacillus enteritidis Gärtner* und dem Erreger des Paratyphus B gegeben ist. So sind denn auch, insbesondere durch Rattentyphuskulturen wiederholt Erkrankungen und Todesfälle beim Menschen und Schädigungen von Haustieren hervorgerufen worden.[2]) In Deutschland ist aus diesem Grunde die Verwendung bakterienhaltiger Mittel zur Schädlingsbekämpfung durch die Verordnung vom 16. März 1936 (Reichsgesetzblatt 1936, I, S. 176) verboten worden.

3. Erregung von Polyederkrankheiten[3])

Noch geringere Erfolge als die künstliche Hervorrufung von Pilz- und Bakterienkrankheiten haben die Versuche zur Erregung von Polyeder-(Virus-)Krankheiten bei Insekten gehabt.[4]) Die Beobachtungen über die bedeutende Rolle, die Polyederkrankheiten bei der Beendigung ausgedehnter Insektenkalamitäten, insbesondere forstschädlicher Schmetterlingsraupen, wie Nonne und Schwammspinner, spielen, hat zwar zu zahlreichen Bemühungen geführt, diese Viruskrankheiten zur biologischen Bekämpfung zu verwenden; sie sind aber bisher stets, wie zu erwarten war, ohne praktische Auswirkung geblieben, da man noch nicht einmal die Erreger dieser Krankheiten kennt, geschweige denn sie künstlich züchten kann, und das Beginnen in den meisten Fällen bei der Ausdehnung der zu bekämpfenden Raupenkalamitäten von vornherein als aussichtslos anzusehen war. So wurden z. B. vielfache Versuche zur künstlichen Erregung der „Wipfel-

[1]) Neumark, E., u. Heck, H., Über Rattenvertilgungsmittel. Ztrbl. Bakt. I. Abt. **87**, 1921, 39—50.

[2]) Wreschner, H., Über Mißstände und Gefahren bei dem Verkehr mit bakteriellen Ratten- und Mäusevertilgungsmitteln. Ztschr. Hygiene u. Infektionskrankh. **93**, 1921, 35—42.

[3]) Del Guercio, G., Il male del Giallume (o dei microbi poliedrici) negli allevamenti dei filugelli, negli insetti delle piante forestali e agrarie e nelle zanzare della malaria. Redia **17**, 1929, 1—315.

[4]) Über die künstliche Hervorrufung von Protozoenkrankheiten zur Bekämpfung von Schadinsekten sind bisher kaum Versuche durchgeführt worden. Dudgeon, G. C., (A proposed Method of Controlling the Ravages of Leaf-Eating Caterpillars. Bull. Entom. Res. **4**, 1913, 243—245) hat über gelungene Laboratoriumsinfektion von *Prodenia litura F.* mit *Microsporidium polyedricum Bolle* berichtet.

krankheit" der Nonne, *Lymantria monacha L.*, durchgeführt[1]); hierbei wurden teils Nonnenraupen, die durch Injektion von Raupenjauche, durch Fütterung mit infizierter Nahrung oder durch Einzwingern zusammen mit wipfelkranken Raupen künstlich infiziert waren, in den Fraßbeständen ausgesetzt, teils wurden getrocknete und pulverisierte Raupenkadaver in die Kronen geschleudert oder diese mit stark verdünnter Jauche an Wipfelkrankheit eingegangener Raupen bespritzt; in anderen Fällen wurden wipfelkranke Raupen in Säckchen in den Kronen aufgehängt oder Nonneneier, die mit einer Aufschwemmung toter Wipfelraupen benetzt waren, ausgelegt. Auch das als Bekämpfungsmittel gegen die Nonne so umstrittene Leimen wurde zur Begünstigung der Wipfelkrankheit vorgeschlagen; durch den Leimring sollte die Ausbreitung der Krankheit unter den Raupen, die sich unter ihm ansammelten, und am Aufbaumen verhindert wurden, befördert werden. Eine andere Methode zur Verbreitung der Krankheit wurde von Kloeck[2]) vorgeschlagen; sie ging von der Beobachtung aus, daß die Wipfelkrankheit häufig zuerst in Beständen ausbricht, in denen durch starken Fraß Nahrungsmangel eingetreten ist, und bestand darin, daß derartige Krankheitsherde zu Beginn der Fraßzeit durch Kahlschläge in älteren und Durchforstungen in jüngeren Beständen künstlich geschaffen werden sollten. Wie Wahl (1910) und Escherich (1914) betont haben, muß gegen alle diese Versuche, soweit sie über angebliche günstige Erfolge berichtet haben, der Einwand erhoben werden, daß sie einer Kontrolle über das etwaige natürliche Auftreten der Wipfelkrankheit in den betreffenden Versuchsbeständen entbehren. Wie unerläßlich derartige Feststellungen sind, haben z. B. die Versuche von Lounsbury[3]) in Südafrika gezeigt. Das Auftreten einer Viruskrankheit unter Raupen verschiedener Schmetterlingsarten veranlaßte ihn, Versuche zur Bekämpfung von *Colias electa* und *Heliothis obtecta* sowie von *Bombicomorpha bifascia* in Transvaal durchzuführen, bei denen befallene Luzernefelder mit Wasser gespritzt wurden, in das tote Raupen und beschmutztes Futter geworfen war. Der erfolgreiche Ausgang der Versuche wird jedoch von Lounsbury nicht der künstlichen Infektion zugeschrieben; er vermutet vielmehr, daß die Krankheit schon natürlich vorhanden war, da gleichzeitige Untersuchungen von Luzernefeldern in der Kap-Provinz ergaben, daß dort unter den Raupen die Erkrankung ohne besonderes Zutun weit verbreitet war.

Ausgedehnte Versuche zur künstlichen Erregung der „Wilt Disease" des Schwammspinners, *Lymantria (Porthetria) dispar L.* wurden 1910 von Reiff[4]) im Schwammspinnerschadgebiet von Massachusetts durchgeführt, nachdem Laboratoriumsexperimente und kleine Feldversuche im Jahre 1909 erfolg-

[1]) Eine Zusammenstellung dieser Versuche findet sich z. B. bei Wahl, B., Über die Polyederkrankheit der Nonne. Ctrbl. f. d. ges. Forstwesen **36**, 1910 (Sonderabdruck: p. 31—42). Weitere Kritiken bei Escherich, K., Die Forstinsekten Mitteleuropas **1**, 1914, 346—349; und Komárek, J., u. Breindl, V., Die Wipfelkrankheit der Nonne und der Erreger derselben. Ztschr. angew. Entom. **10**, 1924, 154.

[2]) Kloeck, Neue Anregungen aus der forstlichen Praxis zur Bekämpfung der Nonne. Forstw. Ztrbl. **32**, 1910, 109—113, **33**, 1911, 377—394.

[3]) Lounsbury, C. P., Caterpillar Wilt Disease. Agric. Journ. Union South Africa **5**, 1913, 448—452.

[4]) Reiff, W., Some Experiments on Flacherie in the Gypsy Moth. Psyche **16**, 1909, 99—105; The „Wilt Disease" or „Flacheria". Boston 1911.

versprechend verlaufen waren. Auf 12 Versuchsflächen wurden jeweils eine große Zahl kranker oder toter Raupen in hängemattenähnlichen Säckchen in den Baumwipfeln so aufgehängt, daß durch den Wind die Krankheitskeime in die von den Schwammspinnerraupen befallenen übrigen Bäume verbreitet wurden. Da nach Reiff die weiblichen Falter in höherem Maße der Krankheit zum Opfer fallen sollen, wurde die Kontrolle der Wirkung durch Zählung der lebenden Eier durchgeführt; sie ergab eine durchschnittliche Abnahme durch die künstlich hervorgerufene Erkrankung auf 14% lebender Eier. Escherich (1914, S. 348) weist bei der Kritik dieser Versuche mit Recht darauf hin, daß auch bei ihnen jede Kontrolle über das etwaige natürliche Auftreten der Krankheit ebenso wie der Nachweis gefehlt habe, daß die künstlich erzeugte Krankheit mit der im Walde als vermeintliche Folge der Infektion aufgetretenen identisch war. Dieser Einwand ist in diesem Falle um so berechtigter, als das zur künstlichen Infektion verwendete kranke Raupenmaterial dadurch gewonnen wurde, daß bei den angeblich gesunden Raupen allein durch Darbietung nassen Futters die Krankheit hervorgerufen wurde!

b) Verwendung von Wirbeltieren

Eine der erfolgreichsten Methoden der biologischen Bekämpfung, die hier jedoch kürzer behandelt werden muß[1]), da sie sich nicht gegen Pflanzenschädlinge richtet, ist die Ver-

[1]) Auch in dem folgenden Literaturverzeichnis können nur einige der wichtigeren Arbeiten genannt werden: Buen, F. de, et Buen, S. de, Note sull' acclimatazione della „*Gambusia affinis*". Ann. Igiene **32**, 1922, 281—285; La invasión de nuestras aguas dulces por las Gambusias *(Gambusia holbrooki Grd.)*. Revista Biol. Forest, y Limnol., Ser. A **1**, 1929, 49—53; Chidester, F. E., A Biological Study of the more important of the Fish Enemies of the Salt Marches Mosquitoes. New Jersey Agric. Exp. Stat., Bull. **300**, 1917; Gioseffi, M., Le „Gambusie" nella lotta antimalarica in Italia. Riv. Malariologia **5**, 1926, 469—475; Grassi, B., Acclimatazione delle Gambusie in Italia. Atti R. Acad. Naz. Lincei, Rend. Classe Sci. Fis., Mat. e Nat. **32**, 1923, 544—548; Hildebrand, S. F., Fishes in Relation to Mosquito Control in Ponds. U. S. Public Health Rpts. **35**, 1919, 1113—1128; Top Minnows in Relation to Malaria Control, with Notes on their Habits and Distribution. U. S. Public Health Service, Publ. Health Bull. **114**, 1921; Suggestions for a Broader Application of *Gambusia* for the Purpose of Mosquito Control in the South. Publ. Health Rpts. **36**, 1921, 1460—1461; Jordan, D. St., The Mosquito Fish *(Gambusia)* and its Relation to Malaria. Smithsonian Institution, Ann. Rpts. 1926. 1927, 361—368; Seale, A., Report of Mr. Alvin Seale of the United States Fish Commission, on the Introduction of Top-Minnows to Hawaii from Galveston, Texas. Hawaiian Forest. & Agricult., **2**, 1905, 364—367; The Mosquito Fish, *Gambusia affinis* (*Baird* and *Girard*), in the Philippine Islands. Philipp. Journ. Sci. **12**, 1917, 177—187; Sella, M., Campagna antimalarica nella Spagna. El Sol, Madrid, 25. VI. 1921 & El Liberal, Madrid, 26. VI. 1921; Ann. Igiene, **31**, 1921, 435—436; I pesci larvifagi e l'esperimento di campagna antimalarica con le Gambusie a Rovigno d'Istria. Riv. Malariol., **6**, 1927, 881—909; Gambusie e verde di Parigi nella lotta antimalarica a Rovigno (relazione per il 1928) e cenni sulla lotta in Istria. Riv. Malariol. **8**, 1929, 357—392; Einige Untersuchungen über Malaria und über Fische in Rovigno. Forschungen und Fortschritte **9**, 1933, 147—148; Smith, J. B., Report New Jersey State Agric. Exp. Stat. upon the Mosquitoes Occurring within the States, their Habits, Life History etc. Trenton 1904; Sweetman, 1936, p. 318—325, — Zitate weiterer Arbeiten sind in der Review of Applied Entomology von Bd. 5, 1917, an zu finden. Eine Reihe von Veröffentlichungen ist ferner in der Rivista di Malariologia (Rom) erschienen. Weiter finden sich Zusammenstellungen in den Lehrbüchern der medizinischen Entomologie oder der Parasitologie, z. B. Herms, W. B., Medical and Veterinary Entomology, 2. ed., Neuyork 1923; Matheson, R., Medical Entomology, Springfield & Baltimore 1932; Riley, V. A., and Johannsen, O. A., Medical Entomology. New York & London 1932; Brumpt, E., Précis de Parasitologie, 5. éd., Paris 1936.

wendung von Fischen zur Vertilgung von Larven malariaübertragender Mückenarten. Die wichtigsten dieser larvenfressenden Fische gehören zwei Familien der Zahnkärpflinge *(Cyprinodontes)* an: der über das tropische Amerika, Afrika, Asien und Ostindien verbreiteten Familie *Cyprinotondidae* (Arten der Gattungen *Fundulus, Panchax, Cyprinodon* etc.) und der auf das gemäßigte und tropische Amerika beschränkten Familie *Poeciliidae* (Arten der Gattungen *Gambusia, Heterandria, Lebistes, Mollienisia, Poecilia* etc.); insbesondere sind es die drei nordamerikanischen Arten der Gattung *Gambusia: holbrooki Girard, patruelis Baird & Girard* und *affinis Baird & Girard*, die für diese Bekämpfungsmethode verwendet wurden. Nachdem durch die Untersuchungen von J. B. Smith der Wert nordamerikanischer Fischarten als Vertilger von Mückenbrut nachgewiesen war (von späteren Veröffentlichungen über diese Frage sind besonders die Arbeiten von Hildebrand zu nennen) ging man nicht nur dazu über, in den Vereinigten Staaten diese nützlichen Fischarten zu vermehren und in Gewässer, in denen sie fehlten, auszusetzen, sondern begann auch, sie in andere Länder zur Bekämpfung malariaübertragender Anophelinen einzuführen. So wurde z. B. *Gambusia affinis* 1905 von Texas nach Hawaii und, nachdem dort die Einbürgerung geglückt war und die Methode gute Wirksamkeit gezeigt hatte, 1913 auch nach den Philippinen gebracht (Seale). 1920 wurde eine *Gambusia*-Art[1]) aus den Vereinigten Staaten nach Spanien eingeführt (Sella, 1921) und von dort durch Grassi 1922 nach Italien gebracht (nach Portugal ist sie selbständig von Spanien aus, längs des Tajo eingedrungen.[2]) 1926/27 wurde von Sella in Istrien eine planmäßige Malariabekämpfung durch Aussetzen von Gambusien in großem Umfang (jährlich bis zu 200000 Exemplare) begonnen, die von bestem Erfolg begleitet war. Seither sind mückenvertilgende Cyprinodonten in viele weitere Malariagebiete der Welt eingeführt worden, so z. B. in Dalmatien, Macedonien, Albanien, Griechenland, Venetien, Calabrien, Sizilien, Corsica, Sardinien, Südfrankreich, Nordafrika (Marokko, Algier, Tunis, Tripolis), Ägypten, im Sudan, in Madagaskar, Cypern, Syrien, Palästina, in der Südukraine und der südlichen Krim, in Daghestan, Transkaukasien, Turkmenistan, Uzbekistan, Tadshikistan und Turkestan, Ostindien, Mexico, Westindien, Canada und (hier gegen einheimische Culicinen) Neuseeland. Auch zur Vertilgung der Larven der Gelbfiebermücke *Aedes fasciatus F. (aegypti L.)* sind Fische verschiedentlich mit gutem Erfolg verwendet worden, so in Tampico, Mexico[3]) eine *Gambusia*-Art; dagegen bewährten sich in Guayaquil, Ecuador[4]), Gambusien nicht, wohl aber eine einheimische Art: *Dormitator latifrons*. In Brasilien[5]) wurde *Astyanax bimaculatus* in größeren und *Hemigrammus unilineatus* in kleineren Wasserbehältern mit Erfolg ausgesetzt. Die Ergebnisse mit den zur Malariabekämpfung ausgesetzten Cyprinodonten sind im allgemeinen sehr gut. Bei richtiger Auswahl der auszusetzenden Fischart gelingt die Einbürgerung meist, zumal viele der in Frage kommenden Arten, besonders die Gambusien, eine sehr weitgehende Anpassungsfähigkeit an die verschiedensten klimatischen und ökologischen Verhältnisse besitzen. Je nach der Art können Süß- wie Brack- und Salzwasser besiedelt werden, von Teichen herab bis zu Tümpeln, Quellen, Wasserbehältern und Tonnen, mit Ausnahme natürlich von Wasseransammlungen, die in der trockenen Jahreszeit austrocknen. Da viele der in Frage kommenden Fischarten eine große Vermehrungsfähigkeit besitzen, aber kaum unter Feinden und Krankheiten leiden, sind sie wie Hackett sagt, ein „ideal biological agent", insbesondere wenn man ihre Tätigkeit durch zweckmäßige Maßnahmen unterstützt, z. B. die Vegetation oder andere schwimmende Stoffe, welche die

---

[1]) Die nach Europa eingeführte *Gambusia*-Art wird teils (Grassi) als *G. affinis* teils (Artom, C., Atti R. Acad. Naz. Lincei Rend. Classe Sci. Fis. matemat. e nat. **33**, 1924, 278—282) als *G. holbrooki* bezeichnet. Wie Boettger, C. R., (Zool. Anz. **105**, 1933, 9—14) nachgewiesen hat, ist der in Italien eingeführte Zahnkärpfling *G. patruelis*.

[2]) Figueira, L., y Landeiro, F., Relatorio de primeiro ano de luta antisezionátrea (1931). Arqu. Inst. Cam. Pest. **6**, 1932, 191—243; Bôto, R., Resultado das observaçoes efectuados nos Cancelhos de Benavente et Salvaterra de Magos sôbre a distribuçâo de *Gambusia* e a sua provável procedencia. Ebd. p. 245—249.

[3]) Top Minnows a Yellow Fever Eradicator. Science **53**, 1921, 432—433.

[4]) Connor, M. E., Fish as Mosquito Destroyers. Natural History **21**, 1921, 279—281.

[5]) Ihering, R. von, Os peixes larvophagos utilizados no combata á febre amarilla e á malaria. Rev. Med.-Cirurg. Brasil **41**, 1933, 221—234.

Mückenlarven vor den Fischen beschützen, entfernt.[1]) Nach Hacketts[2]) Urteil sind die Gambusien allerdings nur selten in der Lage, die Bekämpfung der Malaria allein zu bewältigen, da sie als Larvenvertilger einige Fehler haben (später Beginn ihrer Tätigkeit im Frühjahr, Behinderung durch Vegetation an der Wasseroberfläche, geringe Vermehrung im fließenden Wasser); es ist jedoch ihre sich erst nach Jahren bemerkbar machende langdauernde und ständige Wirksamkeit, die sie schätzbar macht.

Unter den Amphibien und Reptilien finden sich zahlreiche Arten, die Insekten und andere Gliederfüßler, Nacktschnecken und Würmer fressen und durch Vertilgung von Schädlingen nützlich werden. In allen Schriften über „Nützlinge" wird daher ihre Schonung empfohlen; auch wird vielfach vorgeschlagen, Kröten *(Bufonidae)*, die sehr standortstreu sind, in Gärten und Gewächshäusern, besonders zur Bekämpfung von Schädlingen, die mit chemischen Mitteln schwierig zu vertilgen sind, auszusetzen. Abgesehen von derartigen Maßnahmen der Schonung und Begünstigung hat man aber bisher Amphibien nur vereinzelt für eine planmäßige biologische Bekämpfung verwendet. So wurde z. B. die von Texas bis Süd-Peru und Nordargentinien (? bis Patagonien) und auf einigen der Kleinen Antillen vorkommende Riesenkröte, *Bufo marinus L.*, bereits 1844 von Barbados nach Jamaica, sodann 1920 von Barbados nach Portorico, 1932 von dort nach Hawaii, ferner auch nach Louisiana, den Philippinen und Australien eingeführt. Auf Portorico und Hawaii[3]) hat sie sich gut eingebürgert; auf Portorico ist sie ein wichtiger Faktor bei der Verminderung der Engerlinge *(Phyllophaga sp.)* in Zuckerrohrplantagen; nach Wolcott war dort ihre Einführung nicht nur ein unmittelbarer und zeitlicher Erfolg, sondern verspricht, sich fortlaufend noch wirksamer zu zeigen.

Auch bei der Verwendung von Vögeln ist zu unterscheiden zwischen der Einbürgerung fremder und zwischen der Begünstigung und Vermehrung einheimischer Vogelarten. Die erstgenannte Maßnahme ist bisher — im Vergleich mit Insekten — nur in geringem Maße versucht worden. Erwähnt sei z. B. die Einführung des Hirtenstars oder Mynah, *Acridotheres tristis L.*, aus Indien nach Hawaii vor etwa 70 Jahren.[4]) Das erstrebte Ziel: Vertilgung schädlicher Eulenraupen („cutworms" und „armyworms") wurde erreicht; ihre Verminderung geht soweit, daß sie höchstens noch örtlich im Spätwinter und Frühjahr auftreten. Allerdings werden die „Mynahs" ebenso wie die aus China eingeführte Turteltaube, *Turtur chinensis Scop.*, durch Verbreitung der Samen des zu Schmuck-

[1]) Eine eingehende Anleitung zur Einbürgerung und Unterstützung larvenvertilgender Fische gibt z. B. W. E. Hardenburg, Mosquito Eradication. Neuyork u. London 1922, p. 172—194.

[2]) Hackett, L. W., Malaria in Europe. London 1937.

[3]) Pemberton, C. E., Local Investigations on the Introduced Tropical American Toad *Bufo marinus*. Hawaiian Planters' Record **38**, 1934, 186—192; Leonard, M. D., Notes on the Giant Toad, *Bufo marinus (L.)*, in Puerto Rico. Journ. Econ. Entom. **26**, 1933, 67—71; Sweetman, 1936, p. 330; Volkenberg, H. L. van, Biological Control of an Insect Pest by a Toad. Science **82**, 1935, 277—279; Wolcott, G. N., What the Giant Surinam Toad, *Bufo marinus L.* is eating now in Puerto Rico. Journ. Agric. Univ. Puerto Rico **21**, 1937, 79—84.

[4]) Imms, A. D., The Biological Control of Insect Pests and Injourious Plants in the Hawaiian Islands. Ann. Appl. Biol. **13**, 1926, 416; Perkins, R. C. L., and Swezey, O. H., The Introduction into Hawaii of Insects that attack *Lantana*. Bull. Exp. Stat. Hawaiian Sugar Planters' Assoc., Entom. Ser., Bull. **16**, 1924, 1—2; Timberlake, P. H., Biological Control of Insect Pests in the Hawaiian Islands. Proc. Hawaiian Entom. Soc. **6**, 1927, 547.

zwecken ebenfalls nach Hawaii eingeführten und dort zu einem sehr lästigen Unkraut gewordenen Strauches *Lantana camara L.* schädlich. Palmer[1]) wirft ihnen auch noch vor, daß sie das Geflügel vertreiben, Nester zerstören und Eier rauben. Auf die Gefahren, die durch die Einbürgerung fremder Vogelarten überhaupt drohen, macht Palmer im gleichen Aufsatz aufmerksam; die von ihm angeführten Beispiele: Einführung des Haussperlings, *Passer domesticus (L.)*, nach den Vereinigten Staaten, der Feldlerche, *Alauda arvensis L.*, des Grünlings, *Chloris chloris (L.)*, und der Amsel, *Planesticus merula (L.)* nach Neuseeland betreffen allerdings Vogelarten, die zur Bereicherung der Fauna, nicht aber zur biologischen Schädlingsbekämpfung, eingebürgert wurden.

Dagegen spielt die Schonung, Begünstigung und Vermehrung insekten- und nagetierfressender Vogelarten in vielen Ländern, besonders in Europa und Nordamerika, eine große Rolle. Dieser Vogelschutz[2]) aus wirtschaftlichen

---

[1]) Palmer, T. S., The Danger of Introducing Noxious Animals and Birds. Yearbook U. S. Dept. Agric. for 1898. 1899, 86—110.

[2]) Ich bemerke ausdrücklich, daß im folgenden nicht über den Vogelschutz im allgemeinen und seine verschiedenen „Begründungen" gesprochen werden soll, auch nicht über den „Nutzen und Schaden" der Vögel, sondern lediglich über die Frage der Bedeutung der Vögel für die „biologische Bekämpfung" von Schädlingen. In den folgenden Literaturzitaten sind jedoch außer den im Text angeführten Veröffentlichungen noch eine Zahl weiterer genannt, die über die wirtschaftliche Bedeutung der Vögel, den Vogelschutz aus ethischen Gründen und die praktische Ausübung des Vogelschutzes handeln und die Möglichkeit geben, sich eingehender über diese Fragen zu unterrichten (vgl. außerdem den Abschnitt Vögel von L. Reh in diesem Handbuch 1932, 5, Teil 2, S. 753—756). Altum, B., Forstzoologie Bd. II, Berlin 1873; Appel, O., u. Schwartz, M., Die Bedeutung des Vogelschutzes für den Pflanzenschutz. Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutzdienst **1**, 1921, 49—50; Baer, W., Die Bedeutung der insektenfressenden Vögel für die Forstwirtschaft. (Sonderdruck aus „Aus der Natur" **9—11**.) Tharandt 1915; Bau, A., V. Aufl. von C. G. Friderich, Naturgeschichte der deutschen Vögel. Stuttgart 1905; Baunacke, W., Wirtschaftlicher Vogelschutz durch Selbsthilfe. Merkblätter Sächs. Pflanzenschutzges. **12**, 1931; Berlepsch, H. Frhr. v., Die Vogelschutzfrage, ihre Begründung und Ausführung. Jahrbuch Dtsch. Landwirtsch. Ges. **22**, 1907, 130—156; Der gesamte Vogelschutz. XI. Aufl. Neudamm 1926; Escherich, K., Forstinsekten Mitteleuropas Bd. I. Berlin 1914, S. 227—237, 328—332; Forbes, S. A., The Food of Birds. Bull. Illinois State Laboratory Nat. Hist. **1**, No. 3, 1880, 86—161 (II. Ed., 1903); The Regulative Action of Birds upon Insect Oscillations. Ebd. **1**, No. 6, 1882, 1—32; Freiberger, W., Zur Vogelschutzfrage. Allg. Forst- u. Jagd-Ztg. **102**, 1926, 425—430; Frohawk, F. W., Birds Beneficial to Agriculture. Brit. Mus. (Nat. Hist.) Econ. Ser. **9**, 1919; Gasow, H., Vogelschutz als Tierschutz, Naturschutz und Schädlingsbekämpfung. Stuttgart 1936; Glasewald, K., Vogelschutz und Vogelhege. Neudamm 1937; Hähnle, H., Das Schutzgebiet Behr-Steckby (Anhalt) des Reichsbundes für Vogelschutz. Veröff. Württ. Landesstelle Naturschutz Heft **12**, 1936, 167—183; Hartert, E., Einige Worte der Wahrheit über den Vogelschutz. Neudamm 1900; Hennicke, C. R., Handbuch des Vogelschutzes. Magdeburg 1912; Henze, O., nach Ref. v. H. W. Frickhinger, „Über Erfolge des Vogelschutzes", Anz. f. Schädlingskunde **13**, 1937, 67; Homeyer, E. v., Über den aschgrauen Kuckuck. Naumannia **1**, 1849, 14—16; Kluijver, H. N., Een onderzoek naar het voedsel van jonge spreeuwen. Tijdschr. Plantenz. **37**, 1931, 117—130; Bijdrage tot de biologie en de ecologie van den spreeuw *(Sturnus vulgaris vulgaris L.)* gedurende zijn voortplantingstijd. Verslagen en Mededeelingen Plantenziektenkundigen Dienst, No. 69, Wageningen 1933; Over de beteekenis van den spreeuw als verdelger van schadelijke insekten. Vakblad voor Biologen **16**, 1934, 17—22; (s. auch Versl. en Med. Plantenz. Dienst, No. 17, 1936); Komárek, J., Insektenmassenvermehrungen und der Vogelschutz. Anz. f. Schädlingskunde **1**, 1925, 109—111; Mc Atee, W. L., Local suppres-

Gründen, der in Deutschland neuerdings im Gegensatz zum „Vogelschutz" aus ideellen Gründen, der alle Vogelarten unbeschadet ihrer wirtschaftlichen Bedeutung in seine Bestrebungen einbezieht, als „Vogelhege" bezeichnet zu werden pflegt, ist eines der umstrittensten Gebiete der biologischen Bekämpfung, da über die wirtschaftliche Bedeutung der Vögel als Schädlingsvertilger die widersprechendsten Ansichten vertreten werden. Aus der Fülle der über diese Frage erschienenen Literatur können hier allerdings nur einige Beispiele herausgegriffen werden. Als extremsten Vertreter der einen Ansicht dürfen wir wohl Frhr. v. Berlepsch, den Begründer des praktischen Vogelschutzes ansehen; in dem (zu seinen Lebzeiten in 11 Auflagen erschienenem) Buch „Der gesamte Vogelschutz" und in den Jahresberichten der Staatl. anerkannten Versuchs- und Musterstation für Vogelschutz (jetzt Vogelschutzwarte) Seebach führt er zahlreiche Fälle an, in denen durch Vogelschutz in der Bekämpfung von Schädlingen Erfolge erzielt wurden, die ihn zu dem Schluß veranlassen, „daß wir in einem naturgemäßen Vogelschutz überhaupt die einzig wirklich erfolgreiche Schädlingsbekämpfung besitzen" (1926, S. 74). Auch von vielen anderen Verfassern wird — wenn auch nicht so weitgehend — die wirtschaftliche Bedeutung der Vögel für den Pflanzenschutz als sehr erheblich angesehen. Forbes, der 1880 eine Arbeit über die Nahrung der Vögel auf Grund von Untersuchungen des Mageninhaltes zahlreicher Vogelarten veröffentlichte, nimmt an, daß etwa zwei Drittel der

sions of Agricultural Pests by Birds. Ann. Rpt. Smithsonian Institution for 1920, 1922, 411—438; The Role of Vertebrates in the Control of Insect Pests. Ebd., for 1925, 1926, 415—437; Moreau, R. E., Locust-Hoppers and Birds in East Africa. Bull. Entom. Res. **21**, 1930, 141—145; Pitman, C. R. S., The Economic Importance of Birds in Uganda and Parts of Kenya Colony from the Point of View of Locust Destruction. Bull. Soc. Roy. Entom. Egypte (n.s.) **13**, 1929, 93—103; Reh, L., Einige Bemerkungen zur Vogelschutzfrage. Naturw. Wochenschrift, N. F. **6**, 1907, 577—583; Rörig, G., Studien über die wirtschaftliche Bedeutung der insektenfressenden Vögel. Untersuchungen über die Nahrung unserer heimischen Vögel, mit besonderer Berücksichtigung der Tag- und Nachtraubvögel. Arbeiten Biol. Abt. Land- u. Forstw. Kais. Gesundheitsamtes **4**, 1903, 1—120; Die wirtschaftliche Bedeutung der Vogelwelt als Grundlage des Vogelschutzes. Mitt. Kais. Biol. Anstalt Land- u. Forstwirtschaft. Berlin 1910, Heft 9; Vogelschutz mit besonderer Berücksichtigung der insektenfressenden Vögel. Flugschrift **11** der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft, Berlin 1910; Vogelschutz. Biol. Reichsanstalt, Flugbl. **67**, Berlin 1922; Schnurre, O., Ketzerisches zum Vogelschutz. Journ. Ornith. **57**, 1929, 242—246; Strickland, E. H., Can Birds hold injurious Insects in check. Sci. Monthly **26**, 1928, 48—56; Sweetman, 1936, p. 332—336; Theobald, F. V., Economic Ornithology in Relation to Agriculture, Horticulture, and Forestry. Sonderdr. aus Science Progress, No. 6, 1907; Uttendörfer, O., in Verbindung mit Kramer sen., H. Meißel, J., Petry, W., u. Wiemann, D., Studien zur Ernährung unserer Tagraubvögel und Eulen. Abh. Naturf. Ges. Görlitz **21**, 1. Heft, 1930; Vietinghoff, A., Frh. v., Das Verhalten paläarktischer Vögel gegenüber den wichtigeren forstschädlichen Insekten. Ztschr. angew. Entom. **10**, 1924, 1—55, 327—352, **11**, 1925, 247—254, **13**, 1928, 483—512; Prinzipielles zur Frage der Schädlingsbekämpfung durch Vögel, besonders in forstlicher Beziehung. Verhandl. Dtsch. Ges. angew. Entom. V. Mitgliedervers. Hamburg. Berlin 1926, S. 40—48; Vogelschutz und Waldhygiene. Tharandter Forstl. Jahrb. **83**, 1932, 329—408; Wolff, M., u. Krauße, A., Zur Vogelschutzfrage. Ztschr. Forst- u. Jagdwesen **54**, 1922, 616—636; Bescherming van nuttige Vogels. Verslagen en Mededeelingen Plantenziektenkundigen Dienst, No. **17**, VII. Aufl., Wageningen 1936; — Ferner zahlreiche Aufsätze über Vogelnahrung von Mc Atee in der amerikanischen ornithologischen Ztschr. „Auk" und von Csiki, Csörgey, Herman, Jablonowski und Schenk in der ungarischen orntihologischen Zeitschrift „Aquila".

Vogelnahrung aus Insekten besteht; auf Grund einer Schätzung der Zahl der Vogel- und der Insektenindividuen im Staate Illinois kommt er zu dem Schluß, „if the operations of the birds were to be suspended, the rate of increase of these insect hosts would be accelerated about seventy per cent., and their numbers, instead of remaining year by year at the present average figure, would be increased over two-thirds each year" (1880, p. 87). Auch Rörig vertritt unter Zugrundelegung seiner umfangreichen Fütterungsversuche, Magen- und Gewölluntersuchungen die Auffassung, daß die Ausübung des Vogelschutzes nicht nur aus ästhetischen und ethischen Gründen ihre Berechtigung habe, sondern „ganz vornehmlich auch im praktischen Interesse aller derer, deren Beschäftigung in der Pflege und dem Anbau der Kulturpflanzen besteht", liege (Vogelschutz, 1910, 15). Gegenüber den parasitischen Insekten, deren Hilfe bei Insektenkalamitäten „für unser Interesse stets zu spät" kommt, und deren Tätigkeit „jede vorbeugende Wirkung" abgeht, sieht Rörig den besonderen Nutzen der Vögel, soweit sie ihre Nahrung der Insektenwelt entnehmen, in ihrer vorbeugenden Tätigkeit: „Sie vermögen zwar nicht, selbst bei noch so großer Häufigkeit, einmal vorhandene Massenvermehrungen von Insekten zu beseitigen, wirken dafür aber in hohem Maße vorbeugend gegen ein Überhandnehmen der Schädlinge und schützen uns so vor den unausbleiblich eintretenden Verlusten" (Vogelschutz, 1910, 6). Mc Atee, der (1926) 88 Fälle der Unterdrückung örtlicher Insektenplagen und 109 Fälle der wirksamen Vertilgung von Schadinsekten durch Vögel aus den Vereinigten Staaten mitteilt (1922: 32 bzw. 70 Fälle), urteilt über die Dienste der Vögel, „that we may look upon them as an ever-present force which automatically tends to check outbreaks, large or small, among the organisms available to them as food. It is a force that should be kept at maximum efficiency by protective measures and which should be taken into consideration and used whenever possible." Kluijver[1]), der darauf hinweist, daß man unrichtigerweise kleine, regelmäßig eintretende Insektenschäden nicht genügend bewertet und als einen unvermeidlichen Zoll an die Insekten ansieht, ist ebenfalls der Ansicht, daß diese regelmäßig wiederkehrenden Ernteminderungen durch Vogelschutz behoben werden können, und daß auch stärkere Insektenvermehrungen von örtlichem Charakter durch die Standvögel oder Zuzügler im Keim erstickt werden können. Hinsichtlich der Wirksamkeit der Vögel bei Insektenkalamitäten größerer Ausdehnung ist Kluijver allerdings der gleichen Anschauung wie Rörig; da diese Massenvermehrungen in der Regel sich schnell entwickeln, die Vögel aber nur eine verhältnismäßig geringe Vermehrungsfähigkeit haben, ist es ausgeschlossen, daß selbst der beste örtliche Vogelbestand eine ausgebrochene Insektenkalamität zum Stillstand bringt; selbst massenhafter Zuzug von außerhalb ist hierzu selten imstande. Dagegen kann beim Entstehen einer langsam verlaufenden Massenvermehrung ein starker örtlicher Vogelbestand, der durch Zuzügler verstärkt wird, eine Verhütung der Plage im Gefolge haben. „Vogelbescherming is daarom een waardevol, hoewel geen absolut zeker middel tegen het optreden van insectenplagen." Eine eingehende Darlegung und Begründung der entgegengesetzten Ansicht, daß die wirtschaftliche Bedeutung der Vögel nur

[1]) Kluijver, H. N., in: Bescherming van nuttige Vogels. Verslag. en Meded. Plantenziekt. Dienst **17**, 1936, 5.

als sehr gering anzusehen sei, hat Bau (1905) geliefert; er vertritt den Standpunkt: „Daß Vögel bei entwickelten Insektenplagen ‚ihrer geringen Zahl wegen' völlig machtlos sind, geben auch alle jene Ornithologen, die den Vögeln einen so übergroßen Einfluß auf die Vertilgung schädlicher Insekten zuschreiben, unumwunden zu. Sie behaupten aber, daß die Vögel wenigstens Insektenplagen einschränken oder verhindern können. Beide Behauptungen beruhen auf gänzlicher Unkenntnis des Insektenlebens. Daß die Einwirkung der Vögel bei Insektenplagen nicht immer eine nützliche, sondern oft sogar eine sehr schädliche ist, werde ich weiter unten zeigen; daß die Vögel eine Insektenplage aber nicht verhindern können, ist leicht zu beweisen. Kein Vogel lebt ausschließlich von einer Insektenart. Er wird das fressen, was er findet und was ihm paßt. Deshalb werden die Vögel auch nicht systematisch nach einer bestimmten Insektenart suchen können, und selbst wenn sie es tun sollten, können sie dieselbe dennoch nicht ausrotten, weil sie die gerade sehr versteckt sitzenden Individuen nicht finden würden. Aus diesem Grunde können die Vögel auch eine Weiterentwicklung und Vermehrung der betreffenden Insekten nicht verhindern. Ganz anders dagegen ist die Wirkung von Schmarotzerinsekten und Pilzen auf die schädlichen Insektenarten. Erstere finden diese nicht wie die Vögel durch das Gesicht, sondern durch den Geruch, und da sie systematisch Zweig für Zweig absuchen, finden sie auch die ganz versteckt sitzenden. Selbst die im Innern von Pflanzenteilen lebenden Insektenlarven werden von den Ichneumoniden durch den Geruch gefunden und vermittelst deren Legstachel mit den Eiern der Schmarotzer bedacht." In ähnlichem Sinne wie Bau äußern sich auch viele andere Verfasser, z. B. Komárek, Reh, Strickland und Wolff & Krauße. „Wenn von dem durch die Vögel erhaltenen Gleichgewichte der Natur die Rede ist", so äußert Reh, „will man gewöhnlich sagen, daß sie unsere angebauten Kulturpflanzen vor Verwüstung durch Insekten schützen. Ist nun diese Bedeutung der Vögel wirklich so sehr groß? Ich glaube kaum. Schon von den verschiedensten Seiten ist darauf aufmerksam gemacht worden, daß Vögel noch nie eine Insektenepidemie verhindert haben, weder in Kulturland, noch in unbehütetem Lande. Wer jahrelang das Auftreten schädlicher Insekten verfolgt, wird bald zu der Einsicht kommen, daß es in erster Linie Witterungsverhältnisse sind, die Insekten- und andere Epidemien entstehen und auch wieder vergehen lassen." Komárek endlich urteilt: „Eine drohende Insektenkalamität kann mit Hilfe der Vögel nur selten unterdrückt werden, weil wir in normalen Zeiten über keine so große Vogelmenge verfügen können, die eine erfolgreiche Bekämpfung möglich machen würde. In den Zeiten einer Massenvermehrung eines Schädlings sind die Vögel sehr nützlich, aber auch dann genügt ihre Zahl nie zur Überwindung der riesigen Vermehrungskraft gewisser Insekten. Die Nützlichkeit und Hilfe, die die Vogelwelt dem Landwirt leisten soll, erscheint um so mehr problematisch, als die Mehrzahl der Vögel oft mehr Vorliebe für die Parasiten als den Schädling zeigt ... Die Nützlichkeit der Vogelwelt kann nicht bestritten werden, aber es wäre verfehlt, den Landwirt in dieser Frage in übertriebene Hoffnungen zu setzen oder ihn zu kostspieligen und erfolglosen Ausgaben zu zwingen. Es genügt ein vernünftiger Vogelschutz im allgemeinen, d. h. Hegung derjenigen Vogelmenge, die aus näher unbekannten biologischen Ursachen auf dem bewirtschafteten Objekte ihr Heim suchen."

Diese Beispiele dürften zur Genüge zeigen, wie weit die Ansichten in der Frage der wirtschaftlichen Bedeutung der Vögel auseinandergehen. Einer der Gründe hierfür ist wohl der, daß es in früheren Jahren, besonders in den Anfangszeiten des Vogelschutzes, zweckmäßig erschien, den Vogelschutzbestrebungen durch wirtschaftliche Gründe Anerkennung zu verschaffen. Nachdem der gesamte Naturschutz heute aus ethischen und ideellen Gründen weitgehende Förderung findet, ist auch in den Kreisen der Vogelschützer eine objektivere Auffassung und eine deutliche Abkehr von der übertriebenen Einschätzung und Betonung der Nützlichkeit der Vögel wahrzunehmen. So schreibt z. B. K. Glasewald, in seinem Buch „Vogelschutz und Vogelhege", dessen Kapitel „Untersuchungen über die Nahrung der Vögel" auch sonst dieser veränderten Ansicht Rechnung trägt, folgendes: „Vogelschutz, wie wir ihn auffassen, beschränkt sich nicht auf diese wirtschaftliche Einstellung, sondern stellt das Bestreben dar, im Rahmen des Naturschutzes die Gesamtheit der heimischen Vogelwelt vor den schädlichen Einwirkungen der Zivilisation zu schützen." Ein weiterer Grund für die so sehr abweichenden Anschauungen über die wirtschaftliche Bedeutung der Vögel dürfte der sein, daß die Frage häufig einseitig vom ornithologischen Standpunkt aus betrachtet und Einzelfälle hiernach beurteilt wurden. Ein in zahlreichen Schriften über Vogelschutz zitierter Fall ist die von E. v. Homeyer (1849) mitgeteilte Beobachtung, daß sich Anfang Juli 1848 in einem 30 Morgen großen Kiefernwald, der stark unter Nonnenfraß litt, etwa 100 Kuckucke angesammelt hatten; nach Homeyers Berechnung vertilgten sie in 15 Tagen 2880000 Nonnenraupen; er zieht hieraus den Schluß: „Es war aber auch eine sichtbare Abnahme der Raupen unverkennbar, ja man war versucht zu glauben, die Kuckucke hätten dieselben vertilgt, da späterhin, nachdem auch die Nachzügler verschwunden waren, keine Spur der Raupen übrig blieb." Gegen diese Erklärung wendet Bau (1905) mit Recht ein: „Diese Bemerkung zeigt zur Genüge, daß Homeyer diesen Fall nur einseitig ornithologisch betrachtete, sonst hätte er beachten müssen, daß Mitte Juli die Nonnenraupen sich verpuppt haben, und daß deshalb keine mehr zu sehen waren." Der Hauptgrund für die widersprechenden Ansichten über den Nutzen der Vögel ist aber sicher der, daß häufig Einzelfälle sowohl bei der Beobachtung im Freien wie bei Fütterungsversuchen und den Untersuchungen von Kropf- und Mageninhalten, von Rupfungen und Gewöllen zu sehr verallgemeinert und als allgemein gültig für das Verhalten und die Wirksamkeit der einzelnen Vogelarten oder für den Nutzen der Vögel überhaupt angesehen wurden, obwohl die Nahrung eines Vogels und damit auch seine wirtschaftliche Bedeutung nach Örtlichkeit, Jahreszeit, Witterung, den zur Verfügung stehenden Nahrungsstoffen und Nahrungsmengen wie auch nach dem Alter des Vogels recht verschieden sein kann. Wie vorsichtig man in der Verallgemeinerung von Beobachtungen sein muß, zeigt z. B. folgender Fall: Wiederholt ist aus Südafrika über den großen Wert der Vögel bei der Bekämpfung von Heuschreckenplagen berichtet worden; neuerdings wurden ähnliche Feststellungen von Pitman (1929) aus Uganda und Teilen der Kenya-Kolonie mitgeteilt. Im Gegensatz hierzu stehen die sehr gründlichen Beobachtungen von Moreau (1930) anläßlich eines Massenauftretens von Heuschrecken in den Nordprovinzen des Tanganyika-Territoriums: Festgestellt wurden 63 Vogelarten, von denen nur 8 den Heuschrecken nachstellten; von

diesen zählten 4 Arten zusammen nicht mehr als 50 Individuen; die anderen 4 Arten waren zahlreicher, aber nach Hunderten zählt auch nur der passionierte Heuschreckenjäger *Perissornis carunculatus Gm.* (Da das Massenauftreten im Juni stattfand, kamen Störche, *Ciconia ciconia (L.)*, die aus Südafrika als Hauptvertilger genannt werden, nicht in Frage.) Bemerkenswert war, daß nicht einer der Ufervögel des Pangani sich um die reichliche Nahrung kümmerte, und daß kräftige Weber-*(Textor-)*Arten auf dem heuschreckenfreien Gelände Futter suchten, obwohl Heuschrecken eine Meile entfernt im Überfluß waren. Moreau schließt daher mit Recht: „From the relative numbers of locust-hoppers and of birds preying upon them it is clear in this particular instance the influence of the birds upon the plague must have been negligible. This is definitely at variance with observations made in the occasion of locust outbreaks in South Africa." Schließlich fehlt es auch bei fast allen Mitteilungen über die Verhütung oder Unterdrückung von Insektenkalamitäten durch Vögel an genauen zahlenmäßigen Angaben, in welchem Verhältnis die Zahl der von den Vögeln vertilgten Insekten zu der Gesamtzahl des Schädlings stand, und ob die beobachtete Abnahme eines Insektenbestandes auch wirklich der Tätigkeit der Vögel und nicht Witterungseinflüssen, der Wirksamkeit von Parasiten oder dem Auftreten von Krankheiten zuzuschreiben war. In letzter Zeit ist zwar mehrfach versucht worden, zahlenmäßige Unterlagen über die Wirkung des Vogelschutzes zu erhalten (z. B. Hähnle [1936]: Feststellung des Kiefernspannerauftretens in einem Vogelschutzgebiet, Henze [1936]: Abnahme von Gespinstmotten und Apfelblütenstecher in einer mit der höchstmöglichen Anzahl von Nisthöhlen ausgestatteten Obstanlage); da es aber bei diesen Untersuchungen unterlassen wurde, auch die übrigen — abiotischen und biotischen — Faktoren in Betracht zu ziehen, die eine Verminderung der Schadinsekten herbeigeführt haben könnten, lassen diese Feststellungen noch kein Urteil zu, in welchem Umfange die Vögel praktisch für die biologische Bekämpfung zu verwenden sind. Der einzige Beobachter, der neuerdings genauere Vergleichszahlen über Insektenbestand und Anteil der durch Vögel vertilgten Insekten gemacht hat, ist Kluijver (1933, 1934) in seinen Mitteilungen über die Nahrung der Jungstare. Zur qualitativen Feststellung dieser Nahrung wurde folgende Methode angewendet: Ein dicht schließender Kragen aus Aluminium wurde den jungen Staren *(Sturnus vulgaris vulgaris L.)* um den Hals gelegt, so daß sie das von den Alten gebrachte Futter nicht verschlucken konnten; mit einer Pinzette wurde das Futter aus dem Ösophagus oder dem Nest, wenn es von den Jungen bereits ausgewürgt war, entfernt. Die Untersuchungen wurden in einem niederländischen Schadgebiet von *Tipula paludosa Mg.* durchgeführt, in dem durch Anbringung von Nisthöhlen der Starbestand künstlich vermehrt war (1930: 17 Nester, 1931: 28 Nester). Die Feststellungen Kluijvers ergaben nun, daß 1930 etwa 180000 *Tipula*-Larven auf den Hektar und auf das ganze 25 ha große Gebiet ungefähr 4500000 kamen; von diesen hatten die Stare als Futter für die Jungen 45000 Exemplare = 1% weggeholt. Im Jahre 1931 war der Prozentsatz noch geringer; obgleich in diesem Jahre die *Tipula*-Larven infolge ihres stärkeren Vorkommens einen noch größeren Anteil (26,8%) an der Nahrung der Jungstare ausmachten, waren doch die zur Fütterung verwendeten Larven nur 0,8% des gesamten *Tipula*-Bestandes (bemerkenswert ist noch, daß nicht

weniger als 31% der Nahrung der Jungstare aus carnivoren Arthropoden: Carabiden, Staphyliniden, Spinnen u. a. bestand). Diese Angaben Kluijvers zeigen, wie gering in diesem Falle die Bedeutung sogar eines Vogels, wie der Star, war, dessen Bestand durch künstliche Maßnahmen zu einer Höhe („Kolonie") auf engem Raume gebracht werden kann wie bei keinem anderen einheimischen Vogel.[1])

Auch bei den Säugetieren sind nur wenige Fälle bekannt, in denen die Einführung und Einbürgerung ausländischer Arten zur biologischen Bekämpfung von Schädlingen versucht wurde; in der Hauptsache handelt es sich auch bei ihnen nur um die Begünstigung einheimischer Tiere, in Mitteleuropa z. B. der Insektenfresser (Maulwurf, Igel, Spitzmäuse) und der Fledermäuse, auch kleinerer nagetiervertilgender Raubtiere, wie die Wiesel, oder des Schwarzwildes, das durch Vertilgung forstschädlicher Insekten, wie Engerlinge, Kiefernspanner- und Forleulenpuppen, nützlich wird. Für alle diese Säugetiere lassen sich andere Maßnahmen außer der Schonung kaum durchführen; nur für die Fledermäuse ist wiederholt künstliche Ansiedlung und Vermehrung des Bestandes durch Schaffung von Schlupfwinkeln empfohlen[2]) und in einigen Fällen auch praktisch versucht worden. So wurden in Texas zur Bekämpfung malariaübertragender Mücken Fledermaustürme errichtet[3]); 12 m hohe Holzpyramiden, die auf vier Holzpfeilern ruhten und deren vier Seiten durch waagerechte Öffnungen geteilt waren, so daß sie einer halbgeöffneten Jalousie glichen; der Versuch soll gute Ergebnisse gebracht haben und die Malaria seit der Verpflanzung der Fledermäuse in dem vorher stark verseuchten Gebiet verschwunden sein. Ein in Rom durchgeführter Versuch verlief dagegen, wie Hackett[4]) berichtet, völlig ergebnislos; in der Nähe des Forum Trajanum, in dessen Ruinen sich eine große Zahl von Fledermäusen aufhalten, wurde ein Fledermausturm errichtet, der aber nie besiedelt wurde, da die Fledermäuse, wie Hackett sagt, bereits den unter den örtlichen Bedingungen möglichen Höchstbestand erreicht hatten. Im Yakima-Tal (Washington, USA.) wurden zur Bekämpfung des Apfelwicklers, *Cydia (Carpocapsa) pomonella L.* 500 Fledermäuse auf einem Obstgut angesiedelt und Fledermaustürme eingerichtet[5]); der Obstmadenbefall soll durch die Tätigkeit der Fledermäuse von 30% befallener Früchte im Jahre 1924 auf 2 Äpfel im Jahre 1927 zurückgegangen sein. Auch in Deutschland sollen zur Mückenbekämpfung

[1]) Bei der Beurteilung der Frage, in welchem Umfange der Vogelbestand eines Gebietes durch Vogelschutzmaßnahmen vermehrt werden kann, sollten die ausgezeichneten Untersuchungen Schiermanns über die Siedelungsdichte, die in einem Sumpf-Laubmischwald und einem Kiefernforst durchgeführt wurden, eingehend berücksichtigt werden: Schiermann, G., Studien über die Siedelungsdichte im Brutgebiet. Journ. Ornithol. **78**, 1930, 137—180; Studien über die Siedelungsdichte im Brutgebiet II. Der brandenburgische Kiefernwald. Ebd. **82**, 1934, 455—486.

[2]) Rörig, G., Tierwelt und Landwirtschaft. Stuttgart 1906, S. 59—60; Schoevers, T. A. C., Vleer-Mausbescherming. Tijdschr. Plantenziekten **20**, 1914, 44—46.

[3]) Campbell, C. A. R., Bats, Mosquitoes and Dollars. Boston, Mass., 1925 (zit. n. Hackett S. 313); Die Fledermaus im Kampfe gegen die Malaria. Der Pflanzer **9**, 1913, 572—573.

[4]) Hackett, L. W., Malaria in Europa. London 1937, S. 313—314.

[5]) Miller, J. M., New Tactics suggested in Moth War. Better Fruit **22**, 9—10, Portland, Ore., 1927.

1931 „Fledermaustürme" in Rapperwört bei Karlsruhe und im Hengsteysee in Westfalen durch Ausbau eines Schornsteines bzw. eines Turmes geschaffen worden sein[1]), 1932 nach Mitteilungen in der Tagespresse auch in Klosterneuburg bei Wien.

Ein Beispiel für die Einbürgerung einer fremden Säugetierart ist der Mungo *(Mungos mungo Gm.)*. 1872 wurden einige Exemplare von Indien nach Jamaica zur Bekämpfung der Rattenplage in Zuckerrohrplantagen eingeführt; sie vermehrten sich stark, breiteten sich über alle Teile der Insel aus und führten in wenigen Jahren eine erhebliche Verminderung der Ratten herbei. Mit der Abnahme der Ratten wurden aber die zahlreichen Mungos selbst zu Schädlingen, die junge Haustiere, Geflügel, einheimische Säugetiere und bodenbrütende Vögel, Amphibien und Reptilien fraßen; die Verminderung insektenfressender Vögel, Schlangen und Eidechsen hatte die Zunahme von Schadinsekten zur Folge.[2]) Ebenso verlief auch die Einbürgerung der Mungos auf Hawaii[2]) und Trinidad[3]), wo sie ebenfalls nach Vertilgung der Ratten so schädlich wurden, daß die Durchführung von Bekämpfungsmaßnahmen notwendig war.

Zum Schluß dieses Abschnittes ist noch die Verwendung des Hausschweines und von Hausgeflügel (Hühner, Truthühner, Enten) zur biologischen Bekämpfung von Schadinsekten zu erwähnen. Der „Schweineeintrieb"[4]) zur Vertilgung von Forstschädlingen (Engerlinge, Puppen vom Kiefernspanner, Forleule und Blattwespen) ist schon früh angewendet worden. Bereits Esper[5]), Zinke[5]) und Bechstein[5]) berichten von dieser Maßnahme, über deren Nutzen sich Ratzeburg[5]) mehrmals lobend ausgesprochen hat; auch in neuerer Zeit ist der Schweineeintrieb mehrfach angewendet worden, so z. B. gegen Forleule 1913 im Forstbezirk Dresden[6]) und 1924 in Schlesien[7]), wo eine Waldschweinefarm in Forleulenfraßbeständen eingerichtet wurde. Da aber der Schweineeintrieb selbst bei gründlichem Arbeiten der Tiere höchstens auf kleinen Flächen oder eng begrenzten Fraßherden Nutzen stiften kann, wird man ihn wohl in Zukunft, nachdem jetzt wirksame Maßnahmen zur Bekämpfung von Forstschädlings-Kalamitäten bekannt sind, kaum noch in Betracht ziehen.

---

[1]) Schröder, Die ersten „Fledermaustürme" in Deutschland. Umschau **35**, 1931, 681—682.

[2]) Palmer, T. S., The Danger of Introducing Noxious Animals and Birds. Yearbook U. S. Dept. Agric. for 1898. 1899, 86—110.

[3]) Howard, L. O., A History of Applied Entomology, Smithsonian Miscellaneous Collections **84** (Publ. 3065), 1930, 447—448.

[4]) Eingehende Angaben über den Schweineeintrieb, die hierfür geeigneten Schweine — in Betracht kommen nur Weideschweine —, ihre Haltung, Wartung und Pflege und ihre Arbeitsleistung finden sich bei: Eckstein, K., Technik des Forstschutzes, 2. Aufl. Berlin 1915, S. 152—156.

[5]) Bechstein, J. M., u. Scharfenberg, G. L., Vollständige Naturgeschichte der schädlichen Forstinsekten, Bd. II. Leipzig 1805, S. 544; Esper, E. J. Ch., Die Schmetterlinge in Abbildungen nach der Natur mit Beschreibungen, IV. Teil, 1. Erlangen 1786, S. 350; Ratzeburg, J. Th. Ch., Die Forst-Insecten, Bd. II. Berlin 1840, S. 176; Forstinsekten. 1. Die Forleule *(Phal. Noct. piniperda)*. Krit. Bl. Forst- u. Jagdwiss. (Pfeil) **33**, 1853, 221; Zinke, G. G., Naturgeschichte der schädlichen Nadelholzinsekten nebst Anweisung für ihre Vertilgung. Weimar 1798, S. 108.

[6]) Neumeister, Mitteilungen über das Auftreten der Kieferneule im Forstbezirk Dresden. Ztschr. angew. Entom. **2**, 1915, 166.

[7]) Stümpel, E., Sterbende Wälder. Ill. Landw. Ztg. **44**, 1924, 307.

Die Verwendung von Hühnern und Puten beschränkt sich nicht auf den Forst, wo sie ebenfalls zur Vertilgung von Forstschädlingspuppen, wie z. B. des Kiefernspanners, eingetrieben wurden, sondern kann auch in Garten und Feld stattfinden. Zur Bekämpfung von Forst- und Feldschädlingen hat man fahrbare Hühnerställe „Hühnerwagen" benutzt, wie sie z. B. von Eckstein[1]) und Kaufmann[2]) beschrieben und abgebildet wurden. Blunck & Görnitz[3]) haben mitgeteilt, daß der Befall durch Rübenaaskäfer, *Blitophaga undata L.*, in Rübenfeldern, auf denen ein großer Hühnerwagen eingesetzt wurde, auf den befahrenen Feldteilen bald fühlbar zurückging; im Entstehen begriffene Fraßherde wurden durch sofortiges Einsetzen des Wagens wiederholt im Keime erstickt; der Rückgang der Käfer und Larven betrug bis zu 90%; doch sind Blunck & Görnitz der Ansicht, daß der Geflügelwagen nur so weit befriedigende Erfolge bringen wird, als sich der Befall in mäßigen Grenzen hält oder auf einzelne Nester beschränkt bleibt. Zahlreiche weitere Feldschädlinge, zu deren Bekämpfung sich die Einsetzung eines Hühnerwagens eignet, hat Kaufmann[2]) aufgeführt. Eckstein[1]) gibt an, daß Truthühner besonders geeignet zum Eintrieb seien, da sie den Vorzug haben, sich als Herde treiben zu lassen und an ganz bestimmter Stelle zu arbeiten, wenn dort die Bodendecke gelockert wird.

c) Verwendung von Insekten zur Bekämpfung von Schadinsekten[4])

1. Einführung nützlicher Insekten[5])

Die Einführung nützlicher, parasitischer oder räuberischer, Insekten in ein fremdes Land zur Bekämpfung von Schadinsekten, die selbst eingeschleppt

[1]) Eckstein, K., Die Technik des Forstschutzes gegen Tiere. 2. Aufl. Berlin 1912, S. 202 bis 206.

[2]) Kaufmann, O., Die Verwendung des Hühnerwagens für Schädlingsbekämpfung. Hauptstelle für Pflanzenschutz für die Provinz Grenzmark und für Brandenburg rechts der Oder. Merkblatt Nr. 4. Landsberg 1924.

[3]) Blunck, H., & Görnitz, K., Lebensweise und Bekämpfung der Rübenaaskäfer. Arb. a. d. Biol. Reichanst. **12**, 1925, 42.

[4]) Berlese, A., Importanza nella economia agraria degli insetti endofagi distruttori degli insetti nocivi. Boll. R. Scuola Sup. Agric. Portici, ser. II, No. 4, 1902; Considerazioni sui apporti tra piante, loro insetti nemici e cause nemiche di questi. Redia 4, 1907, 198—246; Entomophagous Insects and their practical Employment in Agriculture. Internat. Rev. Sci. and Pract. Agric. **7**, 1916, 321—332; Burgess, A. F., The Value of Natural Enemies of injurious Insects. 54. Ann. Rpts. Entom. Soc. Ontario 1923. 1924, 30—36; Clausen, C. P., Insect Enemies of Insects and their Relation to Agriculture. Ann. Rpts. Smithson. Instit. 1932. 1933, 353—362; Insect Parasitism and Biological Control. Ann. Entom. Soc. America **29**, 1936, 201—223; Escherich, K., Die angewandte Entomologie in den Vereinigten Staaten. Berlin 1913; Die Forstinsekten Mitteleuropas, Bd. I. Berlin 1914; Essig, E. O., A History of Entomology. New York 1931; Faes, H., La préservation des plantes cultivées. D'une part, par la protection des auxiliaires naturels; d'autre part, par l'élévage et la multiplication d'animaux et végétaux ennemis des déprédateurs et parasites. Ann. Agric. Suisse 1936, 75—773; García Mercet, R., Los parásitos de los insectos perjudiciales. Barcelona 1932; Hase, A., Weitere Beiträge zur Frage der biologischen Bekämpfung von Schadinsekten, insbesondere über die Bekämpfung der Mehlmotten mit Hilfe von Schlupfwespen. Arb. a. d. Biol. Reichsanst. **12**, 1925, 51—78; Zur Frage der Einführung ökologischer Bekämpfungsverfahren in Deutschland. Gartenbauwissenschaft **9**, 1934, 100 bis 104; Howard, L. O., A Study in Insect Parasitism. U. S. Dept. Agric., Div. Entom., Techn. Ser. 5, Washington 1897; The Practical Use of the Insect Enemies of injurious In-

wurden, ist bisher das eigentliche Feld der biologischen Bekämpfung gewesen, das Feld, auf dem mit ihr eine Reihe günstiger Erfolge erzielt wurde. Diese Maßnahme der biologischen Bekämpfungsmethode geht aus von der zuerst 1854 von

sects. Yearbook U. S. Dept. Agric. 1916. 1917, 273—288; Insect Parasites of Insects. Proc. Entom. Soc. Washington **26**, 1924, 27—46; Die wirtschaftliche Bedeutung der Parasiten im Kampf gegen schädliche Insekten. Anz. f. Schädlingskunde **2**, 1926, 114—118; The Parasite Element of Natural Control of injurious Insects and its Control by Man. Journ. Econ. Entom. **19**, 1926, 271—282 & Ann. Rpt. Smithson. Instit. 1926, 1927, 411—420; The Needs of the World as to Entomology. Ebd. 1925. 1926, 355—372; A History of Applied Entomology. Smithson. Misc. Coll. **84** (Publ. 3065), 1930; The Insect Menace. New York & London 1931; Howard, L. O., and Fiske, W., The Importation into the United States of the Parasites of the Gipsy Moth and the Browntail-Moth. U. S. Dept. Agric., Bur. Entom., Bull. **91**, 1911; Imms, A. D., Recent Advances in Entomology. London 1931; II. edit.: 1937; Biological Control. I. Insect Pests. Tropic Agric. **8**, 1931, 98—102; Knoche, E., Die biologische Bekämpfungsmethode als Kampfmittel gegen Forstinsekten. Ztschr. Forst- u. Jagdwesen **53**, 1921, 644—663, 728—750; Lowe, F., The Parasitical Insect Schema to Treatment of Insects infesting cultivated Vegetation. Fulham 1907; Malenotti, E., Gli insetti utili alle piante coltivate. Casale Monferrato 1926; Marchal, P., Utilisation des insectes auxiliaires entomophages dans la lutte contre les insectes nuisibles à l'agriculture. Ann. Instit. Nat. Agron., 2. sér. **6**, 1907, 281—354; Meyer, N. F. [Biologische Bekämpfungsmethode gegen schädliche Insekten.] Moskau u. Leningrad 1931; II. Aufl.: 1937 (russ.); Muir, F., Introduction, in: Williams, F. X., Handbook of the Insects and other Invertebrates of Hawaiian Sugar Cane Fields. Honolulu 1931; Poutiers, R., Utilisation et élévage des insectes auxiliaires. Rev. Zool. Agric. et Appl. **23**, 1924, 273—279; Le rôle des méthodes biologiques dans la défense contre les insectes de la vigne. Paris 1922; Schmidt, M., Das Problem der Bekämpfung schädlicher Insekten durch parasitisch oder räuberisch lebende Insekten. Kranke Pflanze **11**, 1934, 101—104; Schwangart, F., Die biologische Bekämpfung und ihre Bedeutung für die Forstwirtschaft. Tharandt. Forstl. Jahrb. **65**, 1914, 318—345; Silvestri, F., The Biological Control of Insects and Weed Pests. Journ. South-East. Agric. Coll., No. **30**, 1932, 87—96; Stellwaag, F., Die Schmarotzerwespen (Schlupfwespen) als Parasiten. Monogr. angew. Entom. **6**, 1921; Aus dem Arbeitsziel der R. Stazione di Entomologia in Florenz und anderer Stationen für Schädlingsbekämpfung in Oberitalien. Anz. f. Schädlingskunde **3**, 1927, 139—146; Methoden der biologischen Bekämpfung schädlicher Insekten im Pflanzenschutz. In: Abderhalden, Handb. biol. Arbeitsmethod., Abt. IX, Teil 1, 2. Hälfte, Heft 3. Berlin u. Wien 1926, S. 603—660; Neuere Erfahrungen in der biologischen Bekämpfung schädlicher Insekten. Verh. Dtsch. Ges. angew. Entom. 7. Mitgliederversamml. München 1928. Berlin 1929, S. 15—32; Sweetman, H. L., Successful Examples of Biological Control of Pest Insects and Plants. Bull. Entom. Res. **26**, 1935, 373—377; The Biological Control of Insects. Ithaca, N. Y., 1936; Thompson, W. R., The Biological Control of Insect and Plant Pests. London 1930 a); The Principles of Biological Control. Ann. Appl. Biol. **17**, 1930 b), 306—338; The Biological Control of injurious Insects and Plants, and the Work of the Farnham House Laboratory. Emp. Cotton Grov. Rev. **11**, 1934, 180—187; vgl. Lit. auf S. 650; Tothill, J. D., The Natural Control of the Fall Webworm (*Hyphantria cunea, Drury*) in Canada, together with an Account of its several Parasites. Dominion Canada, Dept. Agric., Bull. (n. s.) **3** (Entom. Bull. **19**), 1922; Trouvelot, B., Directives à suivre dans l'importation pour les besoins de l'agriculture d'insectes entomophages étrangers. Rev. Zool. Agric. et Appl. **24**, 1925, 124—148; Vayssière, P., Insectes utiles et nuisibles acclimatés en France ou dans les colonies depuis un siècle. Soc. Entom. France, Livre du Centenaire. Paris 1932, p. 629—648; Wardle, R. A., Problems of Applied Entomology. New York 1929; Wardle, R., and Buckle, P., The Principles of Insect Control. Manchester 1923; Webster, F. M., The Value of Insect Parasitism to the American Farmer. Yearbook U. S. Dept. Agric. 1907. 1908, 237—256.

[5]) Da eine vollzählige Schilderung der zahlreichen Versuche dieses wichtigsten Gebietes der biologischen Bekämpfungsmethode hier unmöglich ist, wurde für die folgende Darstellung eine Anzahl von Beispielen ausgewählt, die in historischer und methodischer Hinsicht be-

A. Fitch gemachten Beobachtung, die später namentlich von C. V. Riley und L. O. Howard weiter verfolgt wurde, daß eingeschleppte Schädlinge, die im neuen Land zu Dauerschädlingen wurden, in ihrer Heimat entweder keine Schädlinge waren oder Schädlinge mit nur periodischem Massenauftreten, und daß die dauernde oder periodische Verminderung der Schädlinge in der Heimat nur dem im neuen Land fehlenden Faktor, den natürlichen Feinden, zuzuschreiben sein könne; das Ziel mußte daher sein, den in der Heimat des Schädlings bestehenden Zustand durch Einführung des fehlenden Parasitenfaktors in das neue Land, durch Nachholung also der natürlichen Feinde, wieder herzustellen. Die in der Folgezeit durchgeführten Versuche zur Einführung nützlicher Insekten haben gezeigt, daß diese Theorie richtig war, und daß die Einbürgerung natürlicher Feinde um so bessere Erfolge brachte, je mehr die tatsächlichen Verhältnisse den theoretischen Voraussetzungen entsprechen. Waren die natürlichen Feinde in der Tat der fehlende Faktor, der dem Schadinsekt im neuen Land gestattete, zu einem Groß- oder Dauerschädling zu werden, so übte ihre Einführung und Einbürgerung einen erheblichen vermindernden Einfluß auf den Schädling aus, der sich bis zu seiner praktischen Unschädlichmachung steigern konnte. Dagegen konnte von den eingeführten Parasiten eines Schädlings, der auch in seiner Heimat zu periodischen Massenvermehrungen neigt, nicht verlangt werden, daß sie im neuen Land einen größeren vermindernden Einfluß ausübten und ihren Wirt völlig unterdrückten; man mußte es durchaus als Erfolg ansehen, wenn es gelang, durch Einführung des Parasiten die Schädlichkeit des Wirtes oder den Umfang seines Auftretens auf den in der Heimat üblichen Grad herabzusetzen. Wenn ferner im neuen Land bestimmte Verhältnisse, z. B. das Klima, günstiger für den Schädling waren als in der Heimat und seine durch sie bewirkte Verminderung mithin geringer, so konnte nicht erwartet werden, daß die eingeführten nützlichen Insekten ihren vermindernden Einfluß so weit steigern würden, daß das Schadinsekt auf dem gleichen Bestand wie in der Heimat gehalten wurde.

Der erste große Erfolg auf diesem Gebiete der biologischen Methode (über die früheren Versuche ist in der Einleitung kurz berichtet worden), der den Anstoß zur weiteren Anwendung der Methode gab, war die Einführung des Marienkäfers *Rodolia (Vedalia, Novius) cardinalis Muls.*[1]) (Fam. *Coccinellidae*) zur Bekämpfung der Schildlaus *Icerya purchasi Mask.* (Fam. *Coccidae*). in Kalifornien.

---

sonders wichtig sind und die Erfolge sowie die Möglichkeiten und Grenzen der Methode erkennen lassen. Eine nach Ländern angeordnete Schilderung der wichtigsten bis 1930 erfolgten Parasiteneinführungen hat Howard 1930, eine chronologische Aufzählung der bekanntesten Fälle Trouvelot 1925 gegeben.

[1]) Alvarado, J. A., Nuestros insectos auxiliares. Tortuguilla blanca algodonora (Familia Coccinélidos). Rev. Agric. Guatemala **12**, 1934, 259—262; Ayoutantis, A., Introduction and Acclimatization of *Novius cardinalis*. Intern. Rev. Agric. **19**, 1928, 317—318; Azevedo, A. de, Uma praga das roseiras e outras plantas na Bahia. Correio Agric. **3**, 1925, 105—108; Balachowsky, A., Contribution à l'étude des Coccides de la France (6e note). Observations biologiques sur l'adaptation de *Novius cardinalis Muls.* aux dépens de *Guerinia serratulae F.* Rev. Path. Vég. Entom. Agric. **19**, 1932, 11—17; Balachowsky, A., et Molinari, L., L'extension de la chochenille australienne *(Icerya purchasi Mask.)* en France et de son prédateur *Novius cardinalis Muls.* Ann. Épiph. **16**, 1930, 1—24; Beffa, G., della Relazione sull'attività nel Laboratorio e R. Osservatorio Fitopatologico di Torino nell'anno 1935. Torino 1936; Bence Pieres, R., La *Icerya purchasi* in Concordia y su control par el

Diese Schildlaus wurde (vermutlich 1869) von Australien nach Kalifornien eingeschleppt, wo sie zuerst 1872 auf einer australischen Akazie und auf Orangenbäumen festgestellt wurde. Im Laufe der nächsten Jahre verbreitete sie sich sehr schnell in Kalifornien und war bereits 1883, besonders in Süd-Kalifornien, zu einem ernsten Schädling der Citrus-Kulturen ge-

---

Novius cardinalis. Boll. Minist. Agric. Argent. **36**, 1934, 235—243; Berger, E. W., Natural Enemies of Scale Insects and Whiteflies in Florida. Quart. Bull. Florida State Plant Board **5**, 1921, 141—154; The Latest concerning Natural Enemies of Citrus Insects. Proc. Florida Hortic. Soc. 1932; Berlese, 1916; Bodenheimer, F. S., Contribution to the Knowledge of Citrus Insects in Palestine, III. Hadar **3**, Nr. 1, 1930; *Icerya purchasi Mask.* und *Novius cardinalis Muls.* Ztschr. angew. Entom. **19**, 1932, 514—543; A Visit to the Citrus District of Southern Turkey, April 1934. Hadar **8**, 1935, 10—14; Borg, P., [Report of the] Plant Pathologist. Ann. Rpts. Dept. Agric. Malta 1928—1929. 1929 p. XII—XV; 1929—1930. 1930 p. XIV—XVII; 1932—1933. 1933 p. XIV—XVIII; Entomological Notes. Malta Dept. Agric. [1930]; Bourne, A. I., and Whitcomb, W. D., Department of Entomology. Bull. Mass. Agric. Exp. Stat., No. 305, 1934, 28—36; Brain, C. K., and Kelly, A. E., The Status of Introduced Coccids in South Africa in 1917. Bull. Entom. Res. **8**, 1917, 181—185; Bruner, S. C., Informe del departamento de entomologia y fitopatologia, ejercicio de 1929 a 1930. Estación Exper. Agron. Santiago de las Vegas 1931; Bruner, S. C., y Arango, O., Nota sobre la „cotorrita" de Australia. Rev. Agric. Commerc. Trabaj. **10**, 1928, 30—31; Campbell, J. A., and Taylor, W. H., Lemon Culture. Directions for the New Zealand Growers. New Zealand Journ. Agric. **33**, 1921, 330—335; Charmoy, D. d'E. de, Report on a Visit to South Africa. Dept. Agric. Mauritius 1914; Conradi, A. F., Report of the Entomology Division. 32nd Ann. Rpt. South Carolina Exp. Stat. 1918—1919. 1919, 41—44; Coquillett, D. W., The Imported Australian Lady-Bird. Insect Life **2**, 1889, 70—74; Report on some of the Beneficial and Injurious Insects of California. U. S. Dept. Agric., Div. Entom., Bull. **30**, 1893; Cressman, A. W., and Dumestre, J. O., The Feeding Rate of the Australian Lady Beetle, *Rodolia cardinalis*. Journ. Agric. Res. **41**, 1930, 197—203; Dalgarno, W. T., Notes on the Biological Control of Insect Pests in the Bahamas. Tropic Agric. **12**, 1935, 78; Dobbins, J. R., The Spread of the Australian Lady-Bird. Insect Life **2**, 1889, 112; ebd. **2**, 1889, 190—191; Elgueta, P. H., Notas preliminares sobre larvas chilenas. Revista Chilena Hist. Nat. **37**, 1933, 260—262; Escherich, K., Die angewandte Entomologie in den Vereinigten Staaten. Berlin 1913; Essig, E. O., 1926, 1931; Faes, H., *Icerya purchasi*, un parasite nouveau pour la Suisse. Ann. Agric. Suisse, **26**, 1925. 679—682; Feytaud, J., L'*Icerya purchasi* dans le sud-ouest de la France. Rev. Zool. agric. **29**, 1930, 133—141; García Mercet, R., Nota sobre la *Icerya purchasi* in España. Boll. R. Soc. Española Hist. Nat. **22**, 1922, 136—141; Gómez Clemente, F., Estudio acerca de la *Icerya Purchasi Mask.* y de su parásito el *Novius cardinalis Muls.* Estación de Fitopatologia de Valencia, 1929; La propagación del *Novius cardinalis* in España. Boll. Pat. Veg. Entom. Agric. **4**, 1930, 69—83; Gregorio, A. de, Observations upon *Icerya purchasi* and its Natural Enemy *Novius cardinalis* in Sicily. Internat. Review Sci. and Practice Agriculture **7**, 1916, 1722; Guercio, G. del, L'*Icerya purchasi* e l'insetticida occorrente per distruggerla. Redia **19**, 1931, 503—513; Henry, W. A., Pacific Coast Work of the Division of Entomology. Insect Life **2**, 1889, 141—144; Howard, L. O., The Work against *Icerya purchasi* in Portugal, with an account of the introduction of *Novius cardinalis*. U. S. Dept. Agric. Div. Entom. Bull. **18**, 1898, 30—35; A History of Applied Entomology. Smiths. Misc. Coll. **84**, 1930, 153—155, 525; Howard, L. O., & Fiske, W. F., 1911; Hutson, J. C., The Fluted Scale and the Vedalia Beetle. Trop. Agric. **55**, 1920, 95—97; Crop Pests in Ceylon. Ebd. **55**, 1920, 160; Imms, A. D., The Biological Control of Insect Pests and Injurious Plants in the Hawaiian Islands. Ann. Appl. Biol. **13**, 1926, 402—423; Recent Advances in Entomology, 1937; Jack, R. W., Rhodesian Citrus Pests. Rhodesia Agric. Journ. **13**, 1916, 69—83, 215—233; Jaeger, A., The *Icerya* in Honolulu. Insect Life **3**, 1891, 329—330; Kaburaki, T., Effect of Some Exotic Plants and Animals upon the Flora and Fauna of Japan. Proc. 5th Pacif. Sci. Congress Canada 1933. **1**, 1934, 801—805; Koebele, A., Report of a Trip to Australia made under the Direction of the Entomologist to investigate the Natural Enemies of the Fluted Scale. U. S. Dept. Agric., Div. Entom., Bull. **21** (Rev. Ed.),

worden. 1881 wurde vom „Board of State Horticultural Commissioners" vorgeschlagen, nützliche Insekten zur Bekämpfung der Schildlaus einzuführen; dieser Vorschlag, der keinen Anklang fand, wurde 1887 von Alexander Craw wiederholt, der empfahl, D. W. Coquillett, der bis dahin Versuche mit chemischen Mitteln gegen die Schildlaus durchgeführt hatte

---

1890; Studies of Parasitic and Predacious Insects in New Zealand, Australia, and Adjacent Islands. U. S. Dept. Agric. [Report 51], Washington 1893; Kruger, G., Frammenti di entomologia cirenaica. Agric. colon. **28**, 1934, 460—463; Lebert, C. D., The Cottony Cushion Scale in Arizona. 21st—22nd Rpts. Arizona Comm. Agric. Hort. 1929—1931. 1931, 97—98; Leone, G., La distruzione dell'*Icerya purchasi* nelle Oasi di Tripoli. L'Agric. Colon. **15**, 1921, 140—141; Leonard, M. D., The Cottony Cushion Scale in Puerto Rico. Journ. Econ. Entom. **25**, 1932, 1103—1107; Leonardi, G., Monografie delle Cocciniglie Italiane. Portici 1920; Lichtenstein, J. L., L'*Icerya purchasi Mask.* dans l'Hérault. Bull. Soc. Entom. France. 1921, 239—241; Lizer y Trelles, C., La installacion de insectarios para la propagacion de enemigos de las plagas agricolas. Jornados Agronomicas 1934, 339—356; Malenotti, E., La lotta contro l'*Icerya purchasi*. Riv. Agric. **28**, 1923, 520—521; Gli insetti utili alle piante coltivate, 1926; Malley, C. W., On the Selection and Breeding of desirable Strains of Beneficial Insects. South African Journ. Sci. **13**, 1916, 191—195; Marchal, P., Utilisation des insectes auxiliaires entomophages. Ann. Inst. Nat. Agron., ser. 2, **6**, 1907, 281—354; L'*Icerya purchasi* en France et l'acclimatation de son ennemie d'origine australienne le *Novius cardinalis*. Ann. Serv. Épiph. **1**, 1913, 13—26; L'acclimatation du *Novius cardinalis*. Bull. Soc. Acclimat. No. 17, 1913, 558—562; Mendes, C., Apparecimento da *Icerya purchasi* e *Novius cardinalis* em S. Fiel. Broteria, Ser. Zool., **11** 1913, 146; Musmarra, A., L'*Icerya purchasi Mask.* nei ginestreti etnei. Riv. Fis. Mat. Sci. Nat. **8**, 1934, 576—586; Newell, W., Report of the Plant Commissionar for the Biennium ending 30th April 1920, and Supplementary Reports. Quarterly Bull. Florida State Plant Board **5**, 1921, 37—126; Nonell, C. J., Los insectos entomófagos. Utilización de la coccinela, *Novius cardinalis*, en lucha natural contra la Codunilla Australiana, *Icerya purchasi (Mask.)* en España. Rev. Inst. Agric. Catalán S. Isidro **71**, 1922, 211—213; Ogilvie, L., Chief Plant Diseases and Pests observed during the Year. Reports Board and Dept. Agric. Bermuda 1924. 1925, 36—43; Notes on the Growing of Citrus in Bermuda. Agric. Bull. Bermuda Dept. Agric. **6**, No. 11, 3—5, No. 12, 4—5, **7**, No. 2, 3—6, No. 3, 4—6, 1928; Paoli, G., Casi fitopatologici osservati in Liguria nella primavera-estate 1927. Boll. R. Staz. Pat. Veg. **7**, 1927, 382—387; Poirault, G., et Vuillet, A., L'acclimatation de *Novius cardinalis* dans les jardins de la presqu'île du Cap Ferrat envahis par l'*Icerya purchasi*. Ann. Serv. Épiph. **1**, 1913, 27—33; Poutiers, R., Sur le comportement du *Novius cardinalis* vis-à-vis de certains alcaloides. C. R. Soc. Biol. **103**, 1930, 1023—1025; Quaile, H. J., Citrus Fruit Insects in the Mediterranean Countries. U. S. Dept. Agric., Bull. **134**, 1914; Riley, C. V., and Howard, L. O., Insect Life **3**, 1891, 439—441; **4**, 1892, 164—165, 225—226, 336—337, 349; **5**, 1892, 139, 50; **6**, 1893, 41; Ritchie, A. H., Report of the Entomologist 1934. Rept. Dept. Agric. Tanganyika 1934. 1935, 73—83; Russell, T. A., Report of the Plant Pathologist, 1933. Rpts. Dept. Agric. Bermuda 1933. 1934, 28—36; Sakimura, K., Transportation of predaceous Coccinellids from Saipan to Bonin Islands. Kontyû **9**, 1935, 76—82; Savastano, L., Talune Notizie sul Novius et l'Iceria riguardanti l'arboricoltore. Boll. R. Staz. speriment. Agrum. Fruttic., No. 32, Acireale 1918; La ginestra etnea e la comune, l'Iceria e Novius. Ebd. No. 37, 1919, 1—4; Schindler, A., Organisation de la lutte contre l'*Icerya purchasi* au Maroc en 1921. Rev. Agric. Afr. Nord **20**, 1922, 226; Schultz, E. F., La extirpación de las principales cochinillas que infestan los „Citrus" in Tucumán. Rev. industr. agric. Tucumán **22**, 1932, 73—75; La *Icerya purchasi* o Cochinilla algodonosa y su represión por medio de la *Vedalia cardinalis*. Estac. exp. agríc. Tucumán, Circ. **32**, 1933; Silva, A. da, L'*Icerya purchasi* en Portugal. Annaes Sciencias Naturaes **3**, 1896, 224—227; Speyer, E. R., Report on the Work of the Entomological Division. Rpts. Ceylon Dept. Agric. 1918. 1919, p. C. 11—12; Stefani, T. de, Informazioni sull'*Icerya purchasi Mask.*, agli agrumicoltori della Provincia di Trapani. Rinnovamento Econ.-Agrar. **14**, 1920, 97—102; Stepanow, E. M. [Die biologische Methode der Bekämpfung von Pflanzenschädlingen in Abchasien.] Suchum 1935;

(und der hierbei als erster 1886 Blausäure zur Schädlingsbekämpfung gegen Citrus-Cocciden anwendete), zu diesem Zweck auszusenden. Nach mannigfachen Schwierigkeiten gelang es C. V. Riley, dem damaligen Leiter des „Bureau of Entomology", Albert Koebele, der sich ebenfalls zu dieser Zeit mit der Bekämpfung der Schildlaus in Kalifornien befaßte, im August 1888 nach Australien mit dem Auftrag zu entsenden, Parasiten der Schildlaus zu sammeln und nach Kalifornien zu schicken; D. W. Coquillett sollte dort das eingehende Parasitenmaterial in Empfang nehmen und weiterzüchten. Riley hatte durch vorhergehende Korrespondenz festgestellt, daß die Schildlaus in Australien und Neuseeland vorkam, in Australien jedoch im Gegensatz zu Neuseeland nicht merklich schädlich wurde; er schloß hieraus, daß Australien die Heimat der Schildlaus sei, und daß sie dort durch natürliche Feinde in Schach gehalten würde. Im Verlaufe von Rileys Schriftwechsel mit australischen Entomologen sandte einer seiner Korrespondenten, F. S. Crawford aus Adelaide, Südaustralien, im April 1888 in zwei kleinen Sendungen eine Fliege, die er als Parasit der Schildlaus festgestellt hatte und die im gleichen Jahr von Williston als *Lestophonus iceryae* beschrieben wurde. Koebele erhielt nun den Auftrag, größere Mengen dieser Parasiten sowie anderer Feinde der Schildlaus in Australien zu sammeln und nach Kalifornien zu senden. Auf seiner ersten Australienreise 1888—1889 wandte er daher sein Augenmerk hauptsächlich dieser parasitischen Fliege zu, sammelte und sandte zahlreiches Material in allen Stadien (die Gesamtmenge wird auf 12000 geschätzt). Sie wurden sorgsam von Coquillett gezüchtet und ihre Nachkommenschaft in Mittel- und Süd-Kalifornien verteilt. *Cryptochaetum (Lestophonus) iceryae Will.* verbreitete sich sehr schnell und zeigte sich an vielen Orten ebenso wirksam, an manchen Plätzen sogar noch wirksamer, wie die viel bekannter gewordene *Rodolia cardinalis Muls.* Dieser Marienkäfer wurde von Koebele als Feind von *Icerya purchasi Mask.* in einem Garten in Nord-Adeleide am 15. Oktober 1888 festgestellt; am 18. Oktober wurde er auch in Mannum beobachtet; alle dort gefundenen Schildläuse und Marienkäfer wurden gesammelt und nach Kalifornien gesandt, wo die Zucht und Verbreitung von Coquillett besorgt wurde. Am 30. November ging die erste Sendung: 28 Stück, am 29. Dezember 1888 die zweite Sendung: 44 Stück und am 24. Januar 1889 die dritte Sendung: 57 Stück (zusammen 129 Exemplare) ein. Die Tiere wurden unter einem Zelt auf einen mit *I. purchasi* besetzten Baum gebracht; Anfang April 1889 waren alle Schildläuse aufgefressen;

Swezey, O. H., Present Status of certain Insect Pests under biological Control in Hawaii. Journ. Econ. Entom. **21**, 1929, 669—676; Tillyard, R. J., The Progress of Economic Entomology in Australia and New Zealand. New Zealand Journ. Agric. **32**, 1926, 173—181, 236—242; Townsend, C. H. T., Boll. Agric. S. Paulo **22**, 1921, 17—20; Vandenberg, S. R., Report of the Entomologist. Rpts. Guam Agric. Exp. Stat. 1929. 1931, 16—17; Vayssière, P., Les insectes nuisibles aux cultures du Maroc (2e note). Bull. Soc. Entom. France 1920. 1920, 256—259; Vuillet, A., Acclimatation du *Novius cardinalis* dans le midi de la France. Rev. Phytopathol. **1**, 1913, 8—10; Wight, R. A., The Vedalia in New Zealand. Insect Life **2**, 1890, 384; Icerya and Vedalia in New Zealand and Australia. Ebd. **3**, 1891, 395; Vedalia and Icerya in New Zealand. Ebd. **4**, 1892, 215—216; Wille, J., O *Novius cardinalis*. Egatea **9**, 1924, 146; Viaje del Dr. Wille a Huánuco, para establacer una colonia de *Novius cardinalis*. Republica Perú, Ministerio Formento, Boll. Direccion Agric. y Ganad. **2**, 1932, 158—160; Viaje de estudio a Huánuco y Chanchamayo. Inf. Direcc. Agric. y Ganad. Perú, No. 32, 1935; Wolcott, G. N., An Economic Entomology of the West Indies. San Juan 1933; Wolcott, G. N., and Sein, jr. F., A Year's Experience with the Cottony Cushion Scale. Journ. Dept. Agric. Puerto Rico **17**, 1933, 199—221; Zuber, N. D., Division of Orchard and Nursery Inspection. 11th Ann. Rpt. Commiss. Agric. Texas, 1918, 45—53; Anonym (meist zitiert nach Rev. Appl. Entom., Ser. A): Ceylon: Tropical Agriculturist **51**, 1918, 102; Japan: Bull. Plant Pathol. and Injur. Insects, Dept. Agric. and Comm., No. 3, 1917; Madeira: Un parasite du Pou Rouge. Rev. Hortic. Algérie **26**, 1922, 60; Malta: Colonial Reports, No. 786, Malta 1912—1913; Türkei: Diplomatic and Consular Reports Turkey, Ann. Ser. No. 5247, 1914; Uruguay: Minist. Industr., Defensa Agrícola, Boll. Mens. **1**, 1920, 17—26 & 50; U. S. A.: 16th Ann. Rpt. Commiss. Agric. Texas, 1923, 19—32; Journ. Econ. Entom. **10**, 1917, 298; Quarterly Bull. Florida Stat. Plant Board **1**, 1917, 59—123.

am 12. April wurde eine Seite des Zeltes entfernt und den Käfern erlaubt, sich auf die benachbarten Bäume zu verbreiten. Zu dieser Zeit begann auch Coquillett mit der Versendung von Marienkäfern in verschiedene Teile Kaliforniens; am 12. Juni waren bereits 10500 Exemplare an 208 verschiedene Gartenbesitzer verteilt worden; in fast allen Fällen gelang die Einbürgerung. Außer den drei oben genannten Sendungen trafen später noch zwei weitere von Koebele ein: am 21. Februar 1889: 35 Stück und am 20. März 1889: 350 Stück; diese Tiere wurden sogleich in Gärten ausgesetzt, die von *I. purchasi* befallen waren; der Besitzer einer dieser Gärten, J. R. Dobbins im San Diego-Gebiet, hatte am 22. Oktober 1889 über 120000 Marienkäfer an 226 Obstzüchter in Süd-Kalifornien abgegeben. *Rodolia cardinalis* wurde außerdem durch den „Los Angeles County Board of Horticultural Commissioners" verbreitet; die Käfer wurden auf Orangenbäumen, die von *I. purchasi* befallen waren, unter Zelten gezüchtet. Während des Winters 1889/90 verschwand der Käfer an manchen Orten völlig; man fürchtete, daß er das Winterklima in Kalifornien nicht vertragen könnte; im Sommer 1890 wurden daher vom „California State Board of Harticulture" zwei Glashäuser in San Gabriel gebaut, von denen jedes einen großen mit *I. purchasi* besetzten Orangenbaum bedeckte und als Winterzufluchtsort für *R. cardinalis* dienen sollte; später erwies sich jedoch, daß dieser Winterschutz für den Marienkäfer unnötig war. Die Einführung von *Rodolia cardinalis* in Kalifornien erwies sich als ein völliger Erfolg für die Hauptbeteiligten: Albert Koebele, D. W. Coquillett, C. V. Riley und den „State Board of Horticulture". 1890 bereits wurde gesagt: „The cottony cushion scale is no longer a pest in California"; 1892 waren die Citrus-Gärten praktisch frei von diesem Schädling. Trotzdem waren die Gesamtausgaben des „Bureau of Entomology" nicht höher als annähernd 1500 $. Eine völlige Ausrottung der *Icerya purchasi* mit Hilfe der eingeführten Parasiten und Feinde[1]) ist natürlich in Kalifornien nicht gelungen; gelegentlich tritt sie an einzelnen Plätzen[2]) zahlreich genug auf, um schädlich zu werden; es genügt jedoch dann zur Unterdrückung des Schädlings die Aussetzung von *Rodolia cardinalis*, die entweder in Gärten, in denen sie vorkommt, gesammelt oder vom kalifornischen Staatsinsektarium, das ständig einen Vorrat des Käfers hält, bezogen wird. In der Folgezeit ist *Rodolia cardinalis* noch in einer Anzahl weiterer Länder, in die *Icerya purchasi* ebenfalls eingeschleppt worden war, mit Erfolg eingeführt worden (nach Clausen [1936], der eine Übersichtskarte gibt, in 40 Länder eingeführt, in 32 eingebürgert), so in Neuseeland, Arizona, Texas, Louisiana, Florida, Südkarolina, Massachusetts, Bermudas, Bahama, Kuba, Porto Rico, Guatemala, Peru, Brasilien, Uruguay, Argentinien, Chile, Hawaii (1890 durch Koebele), Guam (Marianen), Saipan (Karolinen), Bonin-Inseln, Japan, Südafrika, Südrhodesien, Tanganyika, Ägypten, Tripolis, Algier, Marokko, Madeira, Malta, Palästina, Südanatolien, Abchasien, Griechenland, Sizilien, Italien, Schweiz, Südfrankreich, Spanien und Portugal (? Südindien, Ceylon, Mauritius). Da die Anforderungen, die *I. purchasi* und *R. cardinalis* an die unbelebte Umwelt stellen, sehr ähnlich sind, hat sich die Coccinellide fast überall dort einbürgern lassen, wo die Coccide fortkommt; *R. cardinalis* ist zudem eine Art, die in ihrer Nahrungswahl sehr beschränkt ist und außer *I. purchasi* nur mehrere *Icerya*-Arten, so *I. seychellarum Mask.* und *aegyptiaca Dougl.*, oder andere Monophlebinen, wie *Drosicha corpulenta Kuw.* oder *Gueriniella serratulae F.* frißt. Hinsichtlich der Wirksamkeit für die biologische Bekämpfung hat sich allerdings in manchen Ländern gezeigt, daß durch die dortigen klimatischen Verhältnisse Wirt und Räuber, und zwar zuungunsten der letzteren, verschieden beeinflußt werden können, indem die Entwicklung von *R. cardinalis* verzögert oder seine Generationenzahl eingeschränkt wird. Als weiterer Nachteil hat sich gezeigt, daß *I. purchasi* bei Vorkommen auf bestimmten Pflanzen, z. B. *Genista-*, *Spartium*, *Plumbago*-Arten (Malta, Riviera) von *R. cardinalis* nicht gefressen wird (eine Beobachtung, deren Erklärung von Poutiers in der Aufnahme von Alkaloiden in den Fettkörper der Schildlaus gesucht wird), so daß sie von dort wieder andere Pflanzen befallen kann.

[1]) Auf seiner zweiten Australienreise 1891—1892 fand Koebele eine weitere *Rodolia*-Art als Feind von *I. purchasi: Rodolia koebelei Olliff*, die 1892 in Kalifornien eingeführt wurde und sich ebenfalls als sehr wirksam zur biologischen Bekämpfung der Schildlaus erwies.

[2]) Insbesondere dort, wo mit arsenhaltigen Mitteln gegen *I. purchasi* gespritzt wurde; in solchen Fällen vergiften sich die Marienkäfer durch das Fressen der bespritzten Eiersäcke der Schildlaus.

Ein weiterer Erfolg der biologischen Bekämpfungsmethode wurde in Kalifornien gegen die Citrus-Schädlinge der Schildlausgattung *Pseudococcus* erzielt.

Auf seiner zweiten australischen Reise entdeckte Koebele 1891 die Coccinellide *Cryptolaemus montrouzieri Muls.*[1]) als Schildlausfeind (besonders von *Pseudococcus aurilanatus Mask.* und anderen Arten); er fand sie an vielen Orten in Queensland und New South Wales und sandte Material nach Kalifornien, indem er empfahl, die Marienkäfer dort zur Bekämpfung der Schildlaus *Saissetia oleae Bern.* auszusetzen; die ersten Exemplare kamen im Dezember

---

[1]) Anderson, T. J., Annual Report of the Entomologist. Rpt. Dept. Agric. Kenya 1926, 1927, 135—147; Entomological Section Annual Report. Ann. Rpt. Dept. Agric. Kenya 1931, 1932, 99—117; Armitage, H. M., Controlling Mealybugs by the Use of their Natural Enemies. Monthly Bull. California Stat. Hortic. Commiss. **8**, 1919, 257—260; Biological Control with particular reference to the Mealybug and Black-Scale Work in Southern California. Monthly Bull. California Stat. Dept. Agric. **11**, 1922, 45—50; Timing Field Liberations of *Cryptolaemus* in the Control of the *Citrophilus Mealybug* in the infested Citrus Orchards of Southern California. Journ. Econ. Entom. **22**, 1929, 910—915; Berger, E. W., The Latest concerning Natural Enemies of Citrus Insects. Proc. Florida Stat. Hortic. Soc. 1932; Bernard, C., Verslag over het jaar 1925. Meded. Proefst. Midden-Java, Nr. 42, 1926; Bodenheimer, F. S., Contributions toward the Knowledge of the Citrus Insects in Palestine, I. Palestine Citrograph **1**, 1928, No. 5—6; Bodenheimer, F. S., u. Guttfeld, M., Über die Möglichkeiten einer Bekämpfung von *Pseudococcus citri Risso* in Palästina. Ztschr. angew. Entom. **15**, 1929, 67—136; Bodkin, G. E., Insects Injurious to Sugar Cane in British Guiana. Journ. Board Agric. Brit. Guiana **7**, 1913, 29—32; Bouhélier, R., Observations sur quelques Coccinelles coccidiphages au Maroc. Rev. Inst. Agric. **34**, 1935, 17—20; Bourne, A. J., and o., Department of Entomology. Bull. Mass. Agric. Exp. Stat., No. 327, 1936, 39—54; Box, H. E., West Indian Entomological Notes. Trop. Agric. **12**, 1935, 158—160; Branigan, E. J., A satisfactory Method of rearing Mealybugs for Use in Parasite Work. Monthly Bull. California State Hortic. Commiss. **5**, 1916, 304—306; Brock, A. A., Orange County Insectary completes big Production Year. Monthly Bull. California Dept. Agric. **18**, 1929, 515—516; Calvino, M., La Cotorrita de Australia. Rpt. 1917—1918 Estación Expt. Agrón. Santiago de las Vegas, Cuba. 1919, 50—51; Chiaromonte, A., Considerazioni entomologiche sulla coltura della canna de zucchero nella Somalia Italiana. Agric. Colon. **27**, 1933, 220—222; Cockayne, A. H., Entomology. New Zealand Dept. Agric., Ann. Rpt. 1925—1926. 1926, 33; Cockerell, T. D. A., *Cryptolaemus montrousieri* Muls., and its Allies. Journ. Econ. Entom. **22**, 1929, 270; Cole, F. R., Natural Control of the Citrus Mealybug. Journ. Econ. Entom. **26**, 1933, 855—864; Costantino, G., Un nemico del Cotonello degli agrumi, il *Cryptolaemus montrouzieri Muls.* Boll. Staz. Frutt. Agrum., n. s., No. 6, Acireale 1935; Dalgarno, W. T., Notes on Biological Control of Insect Pests in the Bahamas. Trop. Agriculture **12**, 1935, 78; Dozier, H. L., Annual Report of the Division of Entom. Ann. Rpt. Insular Expt. Stat. Rio Pedras, Porto Rico 1924—1925. 1926, 115—124; Escherich, K., Die angewandte Entomologie in den Vereinigten Staaten. Berlin 1913; Essig, E. O., The Natural Enemies of the Citrus Mealybug. II. Pomona College Journ. Entom. **2**, 1910, 268—274; Insects of Western North America, 1926; A History of Entomology, 1931; Fedorow, S. M., *Pseudococcus citri Risso*, as a mass pest of vine in Azarbaidshan. Plant Protection, 1935, Fasc. **7**, 1935, 73—82; Gandrup, J., De verspreiding van *Cryptolaemus montrouzieri* in de residentie Besoeki. Arch. Koffiecult. Nederl. Ind. **1**, 1925, 119—123; Gomez Clemente, F., Acclimatación en España de „*Cryptolaemus montrouzieri*" *Muls.*, para combatir el „Cotonet" del naranjo (*Pseudococcus citri Risso*). Boll. Pat. Veg. Entom. Agríc. **3**, 1928, 106—123; La propagación del *Novius cardinalis* en España. Ebd. **4**, 1929, 69—83; El *Cryptolaemus Montrouzieri Muls.* parásito del *Pseudococcus citri Risso.* Sec. Ed., Estación de Fitopatologia Agricola de Levante Burjasot, Valencia 1932; Hall, W. J., The Hibiscus Mealy Bug (*Phenacoccus hirsutus Green*) in Egypt in 1925 with Notes on the Introduction of *Cryptolaemus montrouzieri Muls.* Minist. Agric. Egypt., Bull. **70**, 1926; The Introduction of *Cryptolaemus montrouzieri* Muls. into Egypt. Bull. Entom. Res. **17**, 1927, 385—392; Hoston, J. R., The Argentine Ant in Rèlation to Citrus Growers.

1891 an, weitere folgten im nächsten Jahr. Die eingeführten Käfer wurden ausgesetzt, hielten sich jedoch in den Olivengärten von Santa Barbara, in denen sie gegen *S. oleae* ausgesetzt wurden, nicht, konnten sich auch sonst den verschiedenen klimatischen Bedingungen

---

U. S. Dept. Agric. Bull. **647**, 1918; Howard, L. O., 1930; Howard, L. O., & Fiske, W. F., 1911; Imms, A. D. The Biological Control of Insects Pests and Injurious Plants in the Hawaiian Islands. Ann. Appl. Biol. **13**, 1926, 402—423; Recent Advances in Entomology, 1937; Kamito, S. [Über die biologische Bekämpfung von Schädlingen in den Ländern am pazifischen Ozean.] Oyo-Dobuts. Zasshi **4**, 1932, 154—158; Kirkpatrick, T. W., Biological Control of Insect Pests, with particular Reference to the Control of the Common Coffee Mealy Bug in Kenya Colony. Proc. S. and E. Afr. Agric. Conf. 1926, 184—196; Koebele, A., Studies of Parasitic and Predaceous Insects in New Zealand, Australia, and Adjacent Islands. U. S. Dept. Agric. [Report **51**], 1891; Largeau, F., The Coccinellid, *Cryptolaemus montrouzieri*, for the Control of Scale-Insects in the New Hebrides. Rev. Agric. Noumea, No. 45, 1915, 59—60; Bekämpfung der Schildläuse der Kokospalme auf den Neuen Hebriden. Ztschr. Pflanzenkrankh. **26**, 1916, 418; Lopez, A. W., Report of the Entomology Department. Ann. Rpt. Res. Bur. Philipp. Sugar Ass. 1929—1930. 1931, 145—172; Lounsbury, C. P., Report of the Division of Entomology, 1923—1924; Journ. Dept. Agric. Union South Africa **9**, 1924. 1925—1926, 556—567; Farming in South Africa **1**, 1926, 334—338; Mally, J. W., On the Selection and Breeding of desirable Strains of Beneficial Insects. South African Journ. Sci. **13**, 1916, 191—195; Marchal, P., Utilisation d'une coccinelle australienne *(Cryptolaemus Montrouzieri Muls.)* dans la lutte contre les cochenilles blanches et son introduction en France. Ann. Serv. Épiph. **8**, 1922, 1—2; Mistikawy, A. N., A recent Introduction of a Beneficial into Egypt. The Australian Ladybird-Beetle *(Cryptolaemus Montrouzieri Muls.)*. Agric. Journ. Egypt., n. ann. ser. **2** (1924—1925), 1928, 73—80; Ogilvie, L., Report of the Plant Pathologist for the Year 1926. Rpt. Dpt. Agric. Bermuda 1926. 1927, 35—41; Paoli, G., Casi fitopatologici osservati in Liguria nella primavera-estate 1927. Boll. R. Staz. Pat. Veg. **7**, 1927, 382—387; Poutiers, R., L'acclimatation de *Cryptolaemus Montrouzieri Muls.* dans le midi de la France. Ann. Serv. Épiph. **8**, 1922, 3—18; Utilisation et élévage des insectes auxiliaires. Rev. Zool. Agric. et Appl. **23**, 1924, 273—279; Ritchie, A. H., Report of the Entomologist, 1934. Rpt. Dept. Agric. Tanganyika 1934. 1935, 73—83; Ryan, H. J., Seasonal Control of Citrophilus Mealybug. Monthly Bull. Calif. Dept. Agric. **17**, 1928, 53—54; District Argentine Ant Control in Citrus Orchards. Journ. Econ. Entom. **21**, 1928, 682—690; Sakimura, K., Transportation of Predaceous Coccinellids from Saipan to Bonin Islands and Formosa. Kontyû **9**, 1935, 76—82; Simmonds, H. W., Annual Report of the Government Entomologist for the Year 1934. Ann. Bull. Divulg. Rpts. Dept. Agric. Fiji 1934. 1935, 12—16; Smith, H. S., The Commercial Development of Biological Control in California. Journ. Econ. Entom. **18**, 1925, 147—152; The Present Status of Biological Control Work in California. Ebd. **19**, 1926, 294—302; The Native Home of the Citrophilus Mealybug. Ebd. **21**, 1921, 435—436; Smith, H. S., and Armitage, H. M., Biological Control of Mealybugs. Monthly Bull. California State Dept. Agric. **9**, 1920, 103—158; The Biological Control of Mealybugs Attacking Citrus. Univ. Calif., Coll. Agric., Agric. Exp. Stat., Bull. **509**, 1931; Speare, A. T., Natural Control of the Citrus Mealybug in Florida. U. S. Dept. Agric., Bull. **1117**, 1922; Stepanow, E. M. [Die biologische Methode der Bekämpfung von Pflanzenschädlingen in Abchasien.] Suchum 1935; Tillyard, R. J., The Progress of Economic Entomology in Australia and New Zealand. New Zealand Journ. Agric. **32**, 1926, 173—181, 236—242; Trabut, La défense contre les cochenilles par les coccinelles. Rev. Hortic. Algérie **23**, 1919, 293—296; Uichanco, L. B., and Villanueva, F. E., Biology of the Pink Mealy Bug of Sugar Cane, *Trionymus sacchari (Cockerell)*, in the Philippines. Philipp. Agric. **21**, 1932, 205—276; Ultée, A. J., Meded. Proefst. Malang, No. 65, 1928, 10—18, 41—42; Nr. 82, 1932; Vandenberg, S. R., Report of the Entomologist. Ann. Rept. Guam Agric. Exper. Stat. 1926. 1928, 15—19; Van der Goot, P., De invoer op Java van een nieuw en nuttig Liefheersbeestje *(Cryptolaemus montrouzieri)*. Teysmannia, **31**, 1920, 456—473, 493—510; Wolcott, G. N., An Economic Entomology of the West Indies. San Juan 1933; El gusano de la caña en Costa Rica. Boll. Fomento, No. 7. San José 1912.

in Südkalifornien nicht anpassen und verschwanden wieder, mit Ausnahme einiger südkalifornischer Gebiete, so um San Diego, wo sie sich einbürgerten und ohne Zutun in der Bekämpfung von Schildläusen Nutzen stifteten. Während so das erste Auftreten von *C. montrouzieri* in Kalifornien nicht erfolgversprechend verlief, wurde er auf Hawaii, wohin er von Kalifornien aus 1894 eingeführt wurde, durch Vertilgung der Kaffeeschildlaus *Pulvinaria psidii Mask.* sehr nützlich; bereits im Jahre 1896 war er so zahlreich, daß die erwachsenen Larven auf Zierbäumen in Honolulu weiße Flecken von mehreren Quadratfuß bildeten. In Kalifornien wurde *C. montrouzieri* außerhalb der beiden oben genannten Bezirke bis zum Jahre 1908 wenig beachtet; in diesem Jahre begann *Pseudococcus citri Risso* (in Kalifornien um 1885 eingeschleppt) in Santa Paula, Bezirk Ventura, als erheblicher Citrus-Schädling aufzutreten; im Frühling und Sommer 1909 wurde eine beträchtliche Anzahl der Marienkäfers aus dem Bezirk San Diego eingeführt und leistete ausgezeichnete Dienste bei der Bekämpfung der Schildlaus. Dagegen blieb er im allgemeinen in allen anderen Bezirken auch weiterhin ziemlich unwichtig; in den inneren Teilen des Landes, wo die Feuchtigkeit relativ gering ist und größere Temperaturextreme bestehen, konnte er sich überhaupt nicht halten. Ein wichtiger Faktor in der Bekämpfung der Citrus-Cocciden (neben *Pseudococcus citri* Risso besonders *Pseudococcus gahani Green („citrophilous mealybug")*, eine Schildlaus, die, ebenfalls in Kalifornien eingeschleppt, 1913 dort zuerst festgestellt wurde und bereits seit 1916 als weit bedeutenderer Schädling aufzutreten begann als die erstgenannte Art) wurde *Cr. montrouzieri* erst, nachdem Smith und Armitage 1916 im Staats-Insektarium von Sacramento eine Methode zur Züchtung der Citrus-Cocciden auf Kartoffelkeimen erfunden hatten.[1]) Noch im gleichen Jahre wurde in Alhambra, Bezirk Los Angeles, ein Insektarium begründet, in dem die praktische Brauchbarkeit der Methode erprobt und festgestellt werden sollte, ob es möglich sei, die Citrus-Schildläuse durch Massenzucht und -aussetzung von Parasiten und Räubern wirksam zu bekämpfen. Die Versuche erstreckten sich zuerst auf die Massenproduktion des 1914 aus Sizilien nach Kalifornien eingeführten Parasiten von *Pseudococcus citri: Leptomastidea (Tanaomastix) abnormis Gir. (Chalcidoidea, Encyrtidae)*, der sich in der Zwischenzeit schon gut bewährt hatte, 1917 bereits in großen Mengen (im Bezirk Ventura z. B. 25000 Exemplare) ausgesetzt werden konnte und in den folgenden Jahren sehr zur Bekämpfung von *Ps. citri* beigetragen hat. Die neue Methode wurde nun auch auf die Zucht von *Cr. montrouzieri* mit gutem Erfolg ausgedehnt. Die Massenzucht und -aussetzung des Marienkäfers erwies sich schon bald als eine brauchbare biologische Bekämpfungsmethode gegen die verschiedenen Citrus-Schildläuse in Südkalifornien, die in den folgenden Jahren zu einem ständigen Glied in der Citrus-Produktion des Staates Kalifornien wurde. Neben dem bestehenden staatlichen Insektarium wurden weitere ins Leben gerufen, die zum Teil auf genossenschaftlicher, zum Teil auf kaufmännischer Grundlage aufgebaut waren. Die Massenzucht wuchs dauernd an Umfang; so wurden vom 1. Juli 1926 bis 30. Juni 1927 von den 16 Insektarien 42131331 Käfer gezüchtet und ausgesetzt (Essig, 1931). *Cr. montrouzieri* wurde zu einem Beispiel für die Möglichkeit, nützliche Insekten durch künstliche Zucht und Aussetzung selbst in einem Gebiet zur biologischen Bekämpfung zu verwenden, in dem der Nützling sich ohne ständige Aussetzung nicht halten kann. Die Kosten für diese biologische Bekämpfungsmethode waren verhältnismäßig niedrig; nach Compere und Smith (1932) betrugen sie für das ganze Citrus Befallsgebiet (das 1929 etwa 75000 acres = ca. 30000 ha umfaßte) jährlich nur 125000 $, während die Kosten für die Bespritzung oder Begasung von Citruspflanzen, die von anderen Schildläusen (z. B. *Chrysomphalus aurantii Mask.* und *Saissetia oleae Bern.*) befallen sind, je acre 35—40 $ betragen; ein genauer Vergleich der Kosten von biologischer und chemischer Methode zur Bekämpfung von *Ps. gahani* kann allerdings nicht gemacht werden, da die Bekämpfung der Schildlaus mit chemischen Mitteln wegen deren Unwirksamkeit in Kalifornien nie in größerem Umfang durchgeführt wurde.

Es ist versucht worden, auch *Cr. montrouzieri* außer in Kalifornien und Hawaii in zahlreiche weitere Länder zur Bekämpfung von *Pseudococcus citri Risso, Ps. gahani Green* und anderer Coccidenarten einzuführen, so in Neuseeland, Florida, Massachusetts (in Gewächs-

---

[1]) Eine eingehende Beschreibung der Methode, die durch Massenzucht des Wirtes eine Massenproduktion der Parasiten und Räuber ermöglicht, findet sich bei Smith & Armitage (1931) und Gomez Clemente (1932).

häusern), Brit. Guyana, Bermudas, Bahama, Kuba, Porto Rico, Montserrat, Neue Hebriden, Fiji-Inseln, Guam (Marianen), Saipan (Karolinen), Bonin-Inseln, Philippinen, Japan, Java, Südafrika, Tanganyika, Kenya, Ital. Somaliland, Ägypten, Algier, Marokko, Palästina, Abchasien, Aserbeidschan, Italien, Südfrankreich und Spanien[1]). Im Gegensatz zu *Rodolia cardinalis Muls.* hat sich hierbei jedoch die größere Abhängigkeit des *Cr. montrouzieri* von klimatischen Verhältnissen, die schon in Kalifornien ein ständiges Wiederaussetzen nötig machte, in verschiedenen Ländern, z. B. in Palästina und Japan, als nachteilig gezeigt; in Ägypten wirkt sich das Klima auf *Pseudococcus citri Risso* und *Cr. montrouzieri* so verschieden aus, daß der Räuber in der Hauptentwicklungszeit der Schildlaus nicht wirksam genug zur Geltung kommt, wogegen er sich zur Bekämpfung von *Phenacoccus hirsutus Green* als brauchbar zeigt; auch in Neuseeland, auf den Bahamas, Java, den Philippinen und in Südafrika scheinen keine Erfolge erzielt worden zu sein; die Bekämpfung von Schildläusen auf Zuckerrohr, wie z. B. von *Trionymus sacchari Ckll.* in Ital. Somaliland, mißlang mancherorts, da die Schildläuse zu tief unter Blattscheiden sitzen, um dem Marienkäfer zugänglich zu sein; in Italien, wohin *Cr. montrouzieri* zur Bekämpfung von *Pseudococcus adonidum L.* eingeführt wurde, hat er sich wohl eingebürgert, ist aber nicht zahlreich; in Marokko wird er bei starkem Auftreten von *Ps. citri* nur wirksam, wenn er in großen Mengen ausgesetzt wird. In Kenya wurden Zucht und Verbreitung des Marienkäfers wieder aufgegeben, da er dort durch die Ameisen, die mit den am Kaffee vorkommenden *Pseudococcus*-Arten vergesellschaftet leben, innerhalb von drei bis vier Tagen nach dem Aussetzen vertilgt wurde. Auch in Kalifornien wurde die Verwendung von *Cr. montrouzieri* häufig durch Ameisen, besonders durch die Argentinische Ameise, *Iridomyrmex humilis Mayr*, gestört und vereitelt, so daß sie vor Aussetzung der Coccinellide gründlich zu vertilgen sind. In Abchasien wurde der Erfolg der Bekämpfung von *Ps. gahani* durch Parasitierung der Puppe des Marienkäfers (bis 30%) durch eine Chalcidide *(Pseudocatolaccus sp.)* beeinträchtigt. Dagegen hat sich die künstliche Zucht und Aussetzung nach kalifornischem Muster in Südfrankreich sowie besonders in Spanien zur Bekämpfung der Orangenschildläuse, namentlich von *Ps. citri*, bewährt.

Trotz der guten Wirksamkeit von *Cr. montrouzieri* nahm das Befallgebiet von *Pseudococcus gahani Green* in Südkalifornien ständig zu und umfaßte, wie oben erwähnt, 1929 schon 75000 acres = 30000 ha. In der Annahme, daß die biologische Bekämpfung dieses Schädlings wirksamer gestaltet werden könnte, wenn weitere ursprüngliche Feinde, insbesondere parasitische Hymenopteren, eingeführt wurden, wurde versucht, die Heimat der Schildlaus festzustellen, um dort nach ihren Parasiten zu suchen. Nachdem C. P. Clausen sie vergeblich in China, Japan, auf den Philippinen und Formosa und F. Silvestri sie ebenso ergebnislos in einem Teil dieser Gebiete und in Indochina gesucht hatten, gelang es H. Compere endlich, *Ps. gahani* 1927 im Botanischen Garten in Sydney aufzufinden. Nach vielen Bemühungen glückte es auch H. Compere, mehrere Parasiten und Räuber festzustellen, zu züchten und einige von ihnen nach Kalifornien einzuführen.[2]) Von diesen erwiesen sich zwar nur zwei als brauchbar, die beiden Chalcididen: *Coccophagus gurneyi Comp.* (Fam. *Aphelinidae*) und

---

[1]) Clausen (1936) gibt (mit Übersichtskarte) 35 Länder an (Einbürgerung in 15 Ländern).

[2]) Cendaña, S. M., Studies on the Biology of *Coccophagus (Hymenoptera)* a Genus parasitic on Nondiaspine Coccidae. University California Publications Entomology **6**, 1937, 337—400; Clancy, D. W., The Biology of *Tetracnemus pretiosus Timberlake.* Ebd. **6**, 1934, 231—248; Compere, H., and Smith, H. S., The Control of the *Citrophilous Mealybug, Pseudococcus gahani*, by Australian Parasites. Hilgardia **6**, 1932, 587—618; Schmidt, C. T., The Immunity of *Pseudococcus brevipes (Ckll.)* to Parasitism by *Coccophagus gurneyi Compere.* Proc. Hawaiian Entom. Soc. **8**, 1934, 517—518; Smith, H. S., and Compere, H., The Indroduction on New Insect Enemies of the *Citrophilous Mealybug* from Australia. Journ. Econ. Entom. **21**, 1928, 664—669; New Insect Enemies of the *Citrophilous Mealybug* from Australia. Monthly Bull. Dept. Agric. California **18**, 1929, 214—218; Introduced Parasites successfully control the *Citrophilous Mealybug.* Journ. Econ. Entom. **24**, 1931, 942—945; Wilkinson, H., Progress Report on Coffee Mealy Bug. Coffee Board Kenya Monthly Bull. **1**, 1935, 13, 16; Woodhams, G. E., Release of *Citrophilous Mealybug* Parasite in Nurseries. Monthly Bull. Dept. Agric. California **20**, 1931, 455—457.

Tetracnemus pretiosus Timb. (Fam. *Encyrtidae*); sie, insbesondere *C. gurneyi*, verminderten jedoch *Pseudococcus gahani Green* so wirksam im ganzen Befallsgebiet, daß Zucht und Aussetzung von *Cryptolaemus montrouzieri Muls.* eingestellt wurden. Die ersten Zuchten der beiden Parasiten nach ihrer Einführung in Kalifornien zu Beginn des Jahres 1928 wurden im Insektarium der „Citrus Experiment Station" in Riverside durchgeführt. Die ersten Kolonien von *C. gurneyi* wurden im Juni ausgesetzt, weitere zu gleicher Zeit an die lokalen Insektarien abgegeben; am 24. Juli wurde bereits die 1. kalifornische Generation festgestellt; binnen Jahresfrist war die Art im größten Teil des südkalifornischen Befallsgebietes und in Teilen der San Fransisco-Bucht-Region eingebürgert; im Juli 1929 wurde daher bereits die künstliche Verbreitung von der „Citrus Experiment Station" eingestellt. *T. pretiosus* wurde schon Ende April 1928 ausgesetzt und an andere Insektarien verteilt; die erste Wiederentdeckung erfolgte am 15. August. Bereits im Frühjahr 1929 war eine deutliche Abnahme von *Ps. gahani* in den Gebieten festzustellen, in denen die Parasiten eingebürgert waren. Während des Jahres 1929 fand eine ausgedehnte Produktion und Verteilung der beiden Chalcididen, namentlich von *C. gurneyi*, statt, so daß im Frühjahr 1930 praktisch das gesamte Befallsgebiet von *Ps. gahani* von den Parasiten kolonisiert war; sie hatten bereits die überwinternden Schildläuse so vermindert, daß das Schlüpfen der neuen Larvengeneration in diesem Frühjahr vom wirtschaftlichen Standpunkt aus unbedeutend war. Wie Smith & Compere (1931) betonen, hätte die Abnahme des Schildlausbefalls im Jahre 1930 noch dem extrem warmen Sommer zugeschrieben werden können; das Ausbleiben des Befalls im Jahre 1931, in dem normale Witterung herrschte, konnte aber nur der Wirkung der Parasiten zugeschrieben werden. Ein Beweis für deren Wirksamkeit war ferner die ausnahmslos gemachte Beobachtung, daß das Fehlen oder Auftreten der Schäden durch *Ps. gahani* stets mit der Anwesenheit oder Abwesenheit der Parasiten korrespondierte. Im Gegensatz zu *Ps. gahani* ist *Ps. citri* (ebenso auch *Ps. maritimus Ehrh.* und *Ps. kenyae le Pelley*) immun gegen *C. gurneyi;* der Parasit legt zwar ohne Unterschied in allen diesen Cocciden seine Eier ab; diese entwickeln sich aber nur in *Ps. gahani;* in den anderen Wirten werden die Parasiteneier durch „Phagocytose" getötet; es ist festgestellt, daß *Ps. citri* bis 54 Eier von *C. gurneyi* ohne eigenen Schaden vernichtet hat. *C. gurneyi* kann sowohl Primär- wie Sekundärparasit sein; in letzterem Falle kann er sich sowohl ekto- wie endoparasitisch entwickeln. In Laboratoriumszuchten wurde beobachtet, daß *C. gurneyi* in Schildläuse Eier legt, die bereits von *Tetracnemus pretiosus* befallen sind; das ursprünglich für die Schildlaus bestimmte Ei wird in diesem Fall in oder an den ersten Parasiten gelegt; *C. gurneyi* war dominant gegenüber *T. pretiosus* und schaltete diesen in den Laboratoriumszuchten allmählich völlig aus. Wenn *C. gurneyi* zur Eiablage ein bereits von *Leptomastidea abnormis Gir.* befallenes Exemplar von *Ps. citri* zur Eiablage angeboten wurde, gestaltete sich das Schicksal des Eies verschieden: wurde es frei in den Körper des Wirtes abgelegt, so wurde es durch Phagocytose zerstört; wurde es auf die Larve von *L. abnormis* abgelegt, so kam es zur Entwicklung, die ausschlüpfende Larve von *C. gurneyi* lebte dann als Ektoparasit an der Larve von *L. abnormis;* hatte diese den Wirt, *Ps. citri*, bereits stärker geschädigt, so wurde dieser, sonst immun gegen *C. gurneyi*, nun auch diesem gegenüber anfällig.

Die zahlreichen weiteren Versuche zur Anwendung der biologischen Methode zur Bekämpfung von Schadinsekten, insbesondere von Citrusschädlingen, in Kalifornien können hier nicht im einzelnen dargestellt werden; eine eingehende, sehr gute Darstellung hat Essig[1]) gegeben. Erwähnt sei jedoch, daß Koebele (nach Essigs Zusammenstellung) außer zwei schildlausfressenden Lepidopteren, einer in Schildläusen parasitierenden acalyptraten Diptere *(Cryptochaetum iceryae Will.)* und einer Chrysopide nicht weniger als 42 Coccinelliden von seinen beiden Reisen nach Kalifornien gebracht hat, von denen sich 6 *(Lindorus lophantae Blaisd., Rhizobius ventralis Er., Rodolia cardinalis Muls., Novius koebelei Olliff, Cryptolaemus montrouzieri Muls.* und *Orcus chalybeus Boisd.)* endgültig

[1]) Essig, E. O., 1931.

einbürgerten. Die Erfolge Koebeles[1]), insbesondere die Einführung von *R. cardinalis*, gaben in Kalifornien den Anstoß zur weiteren Verfolgung der biologischen Bekämpfungsmethode und den Anlaß, übertriebene Hoffnungen in sie zu setzen, die soweit gingen, daß in den nächsten Jahren keine anderen Maßnahmen zur Bekämpfung von Schadinsekten versucht oder durchgeführt wurden[2]); hierin machte sich besonders der Einfluß des damaligen Präsidenten des State Board of Horticulture (von 1905—1907 State Commissioner of Horticulture), Ellwood Cooper, geltend, der ein eifriger Anhänger der biologischen Bekämpfungsmethode war und für die Bereitstellung von Mitteln für ihre Durchführung sorgte. In die Amtszeit Coopers wie auch seines Nachfolgers J. W. Jeffrey fallen die zahlreichen Reisen des als Nachfolger Koebeles als „foreign collector" angestellten George Compere[3]), der von 1899—1910 (1901—1904 vom Staat Westaustralien, 1904—1910 gemeinsam von diesem Staat und Kalifornien angestellt) einen großen Teil der Welt auf der Suche nach Parasiten zur Einführung nach Kalifornien und Westaustralien bereiste; das zahlreiche von seinen Reisen gesandte oder mitgebrachte Material war jedoch nur zu einem geringen Teil brauchbar, da es ihm, wie Howard sagt, an der notwendigen Ausbildung in Entomologie und wissenschaftlichen Methoden fehlte. Die Verhältnisse in Kalifornien änderten sich erst nach der Ernennung von A. J. Cook zum State Horticultural Commissioner im Jahre 1911; im Jahre 1912 wurde das Staats-Insektarium reorganisiert und H. S. Smith 1913 zu dessen Leiter berufen. Auch in den nun folgenden Jahren waren noch Entomologen als „foreign collectors" tätig, so (außer H. S. Smith, der in Japan und auf den Philippinen sammelte), H. L. Viereck, C. P. Clausen, E. J. Vosler, E. W. Rust, F. Silvestri, Ch. F. Henderson und Harold Compere, der Sohn G. Comperes. Da die Forschungen jedoch nunmehr auf eine gesunde wissenschaftliche Basis gestellt waren, waren ihre Erfolge weitaus besser, so z. B. die Einbürgerung der Chalcididen *Coccophagus gurneyi Comp., C. modestus Silv., Metaphycus lounsburyi How., Leptomastidea (Tanaomastix) abnormis Gir.* und *Tetracnemus pretiosus Gir.* Eine wichtige Rolle bei der Einführung und Einbürgerung nützlicher Insekten in Kalifornien hat das Staatsinsektarium[4]) gespielt, das 1907 im Capitol Park in Sacramento fertiggestellt wurde und bis 1921 das Hauptquartier für alle Unternehmungen der biologischen Bekämpfung in Kalifornien war. Der erste Leiter (1907—1912) war E. K. Carnes, sein Nachfolger bis heute ist Harry S. Smith. 1916 wurde ein Zweiglaboratorium in Alhambra für die Zucht von *Leptomastidea abnormis Gir.*

---

[1]) Nach der Rückkehr (1892) von seiner zweiten Australienreise war Koebele nur noch bis zum September 1893 beim Bureau of Entomology tätig; er wurde vom „Board of Agriculture and Forestry" von Hawaii als Entomologe angestellt und machte in dessen Auftrag noch zahlreiche Reisen (1894—1895: Australien, Ceylon, China, Japan; 1896—1897: Mexiko, Arizona, Kalifornien; 1899—1900: Australien, Fiji-Inseln; 1901—1903: Mexiko, Ohio; 1904: Australien, Ceylon, China, Japan; 1906—1908: Mexiko, Arizona, Kalifornien) auf der Suche nach Parasiten, die sich für Einführung in Hawaii eigneten. 1908 kehrte er nach Waldkirch (Baden), wo er am 28. Februar 1853 geboren war, zurück und starb dort am 28. Dezember 1924.

[2]) Howard, 1930.

[3]) Escherich, 1913; Essig, 1931; Marchal, 1907; Howard, 1930.

[4]) Essig, 1931.

gegründet, in dem E. J. Branigan tätig war. 1921 wurden die Zuchten auf Wunsch von H. S. Smith nach Whittier (das Hauptquartier verblieb jedoch in Sacramento) in das Whittier Laboratorium verlegt, das dem State Department of Agriculture von der University of California zur Verfügung gestellt wurde, da die Verhältnisse für die Zucht von Feinden der Citrusinsekten dort günstiger waren und bessere Gelegenheit bestand, sich mit den notwendigen Problemen zu befassen.

Während der Periode des Whittier Laboratoriums, 1921—1923, nahmen die Arbeiten des Insektariums einen großen Aufschwung, besonders nachdem H. M. Armitage die Zuchtmethode von *Cryptolaemus montrouzieri Muls.* geändert hatte: Bis zu dieser Zeit war die Zucht in Käfigen durchgeführt worden; die Einzelkäfige wurden nunmehr ausgeschaltet und die Kästen, auf denen an Kartoffelkeimen Wirt und Räuber gezogen wurden, offen im Raum aufgestellt; die hierdurch erzielte leichtere Handhabung setzte die Kosten erheblich herab. 1918 wurde eine Zweigstelle des Staatsinsektariums in Santa Paula gegründet. Das Staatsinsektarium selbst ging am 1. Juli 1923 vom State Department of Agriculture zur University of California über und wurde kurze Zeit später nach der Citrus Experiment Station in Riverside verlegt, wo es sich noch heute befindet und unter Leitung von H. S. Smith und Mitarbeit von A. J. Basinger, H. Compere, S. E. Flanders und P. H. Timberlake alle einschlägigen Arbeiten auf dem Gebiet der biologischen Bekämpfung in Kalifornien durchführt.

Die beiden wichtigsten, aber auch am schwierigsten zu lösenden Fragen der biologischen Bekämpfung in Kalifornien sind wohl zur Zeit die Bekämpfung der Schildläuse *Chrysomphalus aurantii Mask.*, „California red scale", und *Saissetia oleae Bern.*, „black scale"; da sie zugleich einen guten Einblick in die Schwierigkeiten der Methode geben, sollen sie im folgenden im Anschluß an den neuesten Bericht von H. S. Smith[1]) ausführlicher geschildert werden.

Chr. aurantii ist ein Schädlingsproblem seit den frühen Tagen des kalifornischen Citrusanbaus; Koebeles zweite Australienreise wurde hauptsächlich unternommen, um Feinde dieses Schadinsektes ausfindig zu machen. Mehrere Coccinelliden wurden von Koebele als Feinde von *Ch. aurantii* eingeführt; einige von ihnen bürgerten sich ein, sind aber nicht von größerer praktischer Bedeutung geworden. Auch in der Folgezeit wurden noch verschiedene Expeditionen auf der Suche nach wirksamen Feinden oder Parasiten des Schädlings ausgesandt. 1906 entdeckte G. Compere die Chalcidide *Comperiella bifasciata How.* in China als Parasiten einer Schildlausart, die als identisch mit *Chr. aurantii* angesehen wurde; Versuche, den Parasiten in Kalifornien einzubürgern, mißlangen. 1922 sandte C. P. Clausen die

[1]) Smith, H. S., A Review of Biological Control Work in California. Conference on Biological Methods of Controlling Insect Pests, Belleville, Ont., June 25 and 26, 1936, 26—42, Dominion of Canada, Dept. Agric., Entom. Branch., Ottawa, o. J. (vervielfältigter Bericht). Frühere Literatur: Essig, E. O., Injurious and Beneficial Insects of California. Supplement to the Monthly Bull., Stat. Comm. Hortic. **4**, 1915, No. 4; Insects of Western North America. New York 1926; A History of Entomology. New York 1931; Quaile, H. J., Citrus Fruit Insects. Univ. California Publ., Coll. Agric., Agric. Exper. Stat., Bull. **214**, 1911; The Black Scale. Ebd. Bull. **223**, 1911; Smith, H. S., The Present Status of Biological Control Work in California. Journ. Econ. Entom. 19, 1926, 294—302; The Utilization of Entomophagous Insects in the Control of Citrus Pests. IV. Intern. Congr. Entom. Ithaca **2**, 1930, 191—198; Smith, H. S., and Compere, H., A Preliminary Report on the Insect Parasites of the Black Scale, *Saissetia oleae* (*Bern.*). Univ. Calif. Publ. Entom. **4**, 1928, 231—334.

gleiche Art aus Japan; die Einbürgerung mißlang jedoch wieder, obwohl beobachtet worden war, daß der Parasit Eier in Schildläuse abgelegt hatte. Diese Beobachtung legte den Verdacht nahe, daß die sogenannte „red scale" Ostasiens eine andere Art sei als die „California red scale", obwohl führende Coccidenkenner beide Arten für identisch hielten. Im Jahre 1924 sandte F. Silvestri, der mit der Suche nach Parasiten der „red scale" in Ostasien beauftragt worden war, wiederum Material von *C. bifasciata* nach Kalifornien, mit dem es nunmehr gelang, die Chalcidide als Parasit der „Florida red scale", *Chrysomphalus aonidum L.* einzubürgern. Mit dem nun zur Verfügung stehenden reichlichen Parasitenmaterial konnten eingehendere Untersuchungen über die Beziehungen des Parasiten zu *Chrysomphalus aurantii Mask.* durchgeführt werden, die ergaben, daß diese Schildlaus völlig immun gegen *Comperiella bifasciata How.* ist, obwohl sie von dem Parasiten ohne weiteres mit Eiern belegt wird. Später wurde festgestellt, daß sich *C. bifasciata* in einer sehr nahe verwandten *Chrysomphalus*-Art, der „yellow scale", *Chr. citrinus Coq.* entwickelt; beide Arten sind so ähnlich, daß sie von den Systematikern nach morphologischen Charakteren nicht unterschieden werden können, wogegen die Unterschiede in Lebensweise und Färbung und die Feststellung, daß sich beide nicht kreuzen, sie als zwei verschiedene Arten ansehen lassen. Da auch weitere ausgedehnte Forschungen nach brauchbaren Parasiten in Indien, China und Japan wie auch in Südamerika ergebnislos verlaufen sind, scheinen kaum Aussichten für eine biologische Bekämpfung von *Chrysomphalus aurantii Mask.*, die praktisch immun gegen Endoparasiten ist, zu bestehen. Obwohl es eine Anzahl von Coccinelliden im ganzen Verbreitungsgebiet der Schildlaus gibt, die sie fressen, scheinen sie doch kaum mehr als Schwankungen in der Schildlauspopulation verursachen zu können; auch die beiden wirksamsten Arten, *Lindorus lophantae Blaisd.* und *Orcus chalybeus Boisd.*, haben nur in einem kleinen Teil ihres kalifornischen Verbreitungsgebietes, dem Bezirk Santa Barbara, wirtschaftliche Bedeutung.

Ebenso wie *Chr. aurantii* ist auch *Saissetia oleae Bern.*, „black scale", ein Citrus- und Olivenschädling, der auch zahlreiche andere Kultur- und Wildpflanzen befällt, für Kalifornien seit langem ein Problem der biologischen Bekämpfung. Der von Koebele von seiner zweiten Australienreise nach Kalifornien gesandte Marienkäfer *Rhizobius ventralis Er.* hat nicht die übertriebenen Hoffnungen erfüllt, die anfänglich in ihn gesetzt wurden. Auch die beiden Chalcididen *Scutellista cyanea Motsch.*[1]) (1901 aus Südafrika eingeführt) und *Metaphycus lounsburyi How.* (1918 von E. J. Vosler aus Australien mitgebracht und eingebürgert, nachdem drei frühere Versuche: 1901, 1912 und 1913 mit südafrikanischem Material mißlungen waren) haben nicht den erhofften Erfolg gebracht. *Sc. cyanea* ersetzte nur einen anderen bereits vorhandenen Parasiten von *S. oleae*, die Chalcidide *Tomocera californica How.*, deren Biologie sehr ähnlich ist und die, bereits 1880 aus Kalifornien beschrieben, vielleicht dort nicht heimisch, sondern unbemerkt aus Australien eingeschleppt worden ist. (1900 und 1901 wurde sie auch von G. Compere aus Queensland nach Australien gesandt.) Der Mißerfolg beider Arten, die Eiparasiten sind, liegt darin, daß sie durchschnittlich 25% der Schildläuse übrig lassen, die trotz der 75% Mortalität genügend sind, schweren Befall hervorzurufen. *M. lounsburyi* (ein Parasit, der seine Entwicklung nur in älteren Schildläusen durchmachen kann) versagte im Inneren des Landes, da hier *S. oleae* nur eine Generation im Jahre hat und daher von Anfang August bis Februar keine älteren Schildläuse als Wirte vorhanden sind, im Küstengebiet, wo *S. oleae* mehrere sich überschneidende Generationen hat und somit genügend Wirte vorhanden sind, infolge starker Parasitierung durch Sekundärparasiten, besonders *Quailea whittieri Gir.*, einer Chalcidide, die 1901 versehentlich aus Queensland eingeführt worden war. Obwohl die drei Arten eine recht vollständige „Parasitenfolge" von *Saissetia oleae Bern.* darstellen: *Scutellista cyanea Motsch.* als Eiparasit, *Rhizobius ventralis Er.* als Feind der jungen und *Metaphycus lounsburyi How.* als Feind der älteren Schildlaus, genügen sie nicht für eine ausreichende biologische Bekämpfung des Schädlings; weder einer allein, noch alle zusammen vermögen den Bestand der „black scale" unter dem Punkt zu halten, an dem die Bekämpfung mit Insektiziden notwendig wird.

---

[1]) Über den Versuch Howards, den Parasiten in Louisiana zur Bekämpfung der Cocciden *Ceroplastes floridensis Comst.* und *C. cirripediformis Comst.* einzuführen, vgl. Howard & Fiske, 1911.

Der umfassendste und zeitlich ausgedehnteste, wohl auch bekannteste, Versuch der biologischen Bekämpfungsmethode ist die Einführung von Parasiten des Schwammspinners und Goldafters in den Neuenglandstaaten der USA.[1])

---

[1]) Ein ausführliches 600 Titel umfassendes Verzeichnis der Literatur über den Schwammspinner wie auch zahlreicher Arbeiten über den meist mit ihm zusammen behandelten Goldafter findet sich bei Schedl K. E., Der Schwammspinner *(Porthetria dispar* L.*)* in Euroasien, Afrika und Neuengland. Monograph. angew. Entomol., **12**, 1936; im folgenden wird daher nur die wichtigste Literatur genannt. — Burgess, A. F., *Calosoma sycophanta:* its Life History, Behavior, and Successful Colonization in New England. U. S. Dept. Agric., Bur. Entom, Bull. **101**, 1911, The Present Status of the Control of the Gipsy Moth and Brown-tail Moth by Means of Parasites. Journ. Econ. Entom. **19**, 1926, 289—293; Die neuere Bekämpfung des Schwammspinners und Goldafters in Amerika. Anz. f. Schädlingskunde **5**, 1929, 77—80; Burgess, A. F., and Collins, C. W., The Calosoma Beetle *(Calosoma sycophanta)* in New England. U. S. Dept. Agric., Bull. **251**, 1915; The Genus *Calosoma:* Including Studies of Seasonal Histories, Habits, and Economic Importance of American Species North of Mexico and of several introduced Species. U. S. Dept. Agric., Bull. **417**, 1917; Burgess, A. F., and Crossman, S. S., Imported Insect Enemies of the Gipsy Moth and the Brown-tail Moth. U. S. Dept. Agric., Techn. Bull. **86**, 1929; Crossman, S. S., Some Methods of Colonizing Imported Parasites and determining their Increase and Spread. Journ. Econ. Entom. **10**, 1917, 177—183; *Apanteles melanoscelus* an Imported Parasite of the Gipsy Moth. U. S. Dept. Agric., Bull. **1028**, 1922; Foreign Travel and Entomologists met while Searching for Enemies of the Gipsy Moth. Journ. Econ. Entom. **18**, 1925, 164—172; Two Imported Egg Parasites of the Gipsy Moth, *Anastatus bifasciatus Fonsc.* and *Schedius Kuvanae Howard.* Journ. Agric. Res. **30**, 1925, 643—675; Crossman, S. S. and Webber, R. T., Recent European Investigations of Parasites of the Gipsy Moth, *Porthetria dispar L.*, and the Brown-tail Moth, *Euproctis chrysorrhoea L.* Journ. Econ. Entom. **17**, 1924, 67—76; Culver, J. J., A Study of *Compsilura concinnata*, an Imported Tachinide Parasite of the Gipsy Moth and the Brown-tail Moth. U. S. Dept. Agric., Bull. **766**, 1919; Dowden, P. B., *Lydella nigripes* and *L. piniariae*, Fly Parasites of certain Tree-defoliating Caterpillars. Journ. Agric. Res. **46**, 1933, 963—995; *Zenillia libatrix Panzer*, a Tachinid Parasite of the Gypsy Moth and the Brown-tail Moth. Ebd. **48**, 1934, 97—114; *Brachymeria intermedia (Nees)*, a Primary Parasite and *B. compsilurae (Cwfd.)* a Secondary Parasite of the Gypsy Moth. Ebd. **50**, 1935, 495—523; Escherich, K., 1913; Fiske, W. F., Parasites of the Gipsy and Brown-tail Moths introduced into Massachusetts. Boston 1910; Forbush, E. H., and Fernald, A. M., The Gipsy Moth, *Porthetria dispar (Linn.)* Boston 1896; Howard, L. O., The Gipsy Moth in America. U. S. Dept. Agric., Bur. Entom., Bull. (n. s.) **11**, 1897; The Gipsy and Brown-tail Moths and their European Parasites. Yearbook U. S. Dept. Agric. 1905. 1906, 123—138; Howard, L. O., and Fiske, W. F., The Importation into the United States of the Parasites of the Gipsy Moth and Brown-tail Moth. U. S. Dept. Agric., Bur. Entom., Bull. **91**, 1911; Imms, 1937; Muesebeck, C. F. W., Two important introduced Parasites of the Brown-tail Moth. Journ. Agric. Res. **14**, 1918, 191—206; New Species of Chalcid Flies parasitic on the Gipsy Moth Parasite, *Apanteles melanoscelus Ratz.* Ebd. **36**, 1927, 331—333; A New European Species of *Apanteles* parasitic on the Gipsy Moth. Proc. Entom. Soc. Washington **30**, 1928, 8—9; *Monodontomerus aereus Walk.*, both a primary and a secondary Parasite of the Brown-tail Moth and the Gipsy Moth. Journ. Agric. Res. **43**, 1931, 445—460; Muesebeck, C. F. W., and Dohanian, S. H., A Study in Hyperparasitism with particular Reference to the Parasites of *Apanteles melanoscelus Ratz.* U. S. Dept. Agric., Bull. **1487**, 1927; Muesebeck, C. F. W., and Parker, D. L., *Hyposoter disparis Viereck*, an introduced Ichneumonid Parasite of the Gipsy Moth. Journ. Agric. Res., **46**, 1933, 335—347; Parker, D. L., The Interrelations of two Hymenopterous Egg Parasites of the Gipsy Moth, with Notes of the Larval Instars of Each. Ebd. **46**, 1933, 23—34; *Apanteles solitarius (Ratzeburg)*, an introduced Braconid Parasite of the Satin Moth. U. S. Dept. Agric., Techn. Bull. **477**, 1935; Proper, A. B., *Eupteromalus nidulans*, a Parasite of the Brown-tail Moth and Satin Moth. Journ. Agric. Res. **43**, 1931, 37—56; Hyperparasitism in

Beide Schmetterlingsarten wurden aus Europa nach Massachusetts eingeschleppt; der Schwammspinner („gipsy moth"), *Lymantria (Porthethria) dispar L.*, etwa 1868, der Goldafter („brown-tail moth"), *Euproctis (Nygmia) phaeorrhoea Donov. (chrysorrhoea auct.)*, um 1897. Als im Jahre 1905 der Kampf gegen die beiden Schädlinge, der von 1890—1900 mit gutem Erfolg durchgeführt, von 1900—1905 aber wegen Nichtbewilligung der erforderlichen Mittel durch den Staat Massachusetts unterbrochen worden war, gemeinsam vom Staate Massachusetts und der Bundesregierung wieder aufgenommen wurde, war es L. O. Howard, der Chef des Bureau of Entomology des U. S. Department of Agriculture, der die Veranlassung gab, neben der Bekämpfung mit technischen Mitteln auch den Versuch der biologischen Bekämpfung durch Einführung von Parasiten aus Europa, in kleinerem Umfange auch aus Japan, aufzunehmen. Frühere Beobachtungen hatten gezeigt, daß die in Nordamerika einheimischen Parasiten gegen die beiden eingeschleppten Schädlinge machtlos waren, während beide in Europa stark unter Parasiten litten, und daß die Einschränkung, die in Europa durch die natürlichen Feinde bewirkt wurde, ein Resultat der „Parasitenfolge", der im Verlaufe der Entwicklung der Schädlinge nacheinander auftretenden Eier-, Larven- und Puppenparasiten, war. Bereits im Frühjahr 1905 begab sich L. O. Howard in Begleitung von A. H. Kirkland, der vom Staate Massachusetts mit der Leitung der Bekämpfung beauftragt war, nach Europa, um dort Verbindungen mit Entomologen anzuknüpfen und das Sammeln und Übersenden von Parasiten in die Wege zu leiten. Als Erfolg dieser Reise gingen bereits im Herbst 1905 und Winter 1905/06 zahlreiche Sendungen aus den verschiedensten Teilen Europas ein, die in dem für diese Zwecke eingerichteten Laboratorium in North Saugus, Mass., überwintert und für Zuchten verwendet wurden; die Hauptmasse des Materials bestand aus Winternestern des Goldafters, von denen 117000 Stück nach den Vereinigten Staaten gesandt wurden, daneben auch aus parasitierten Larven und Puppen des Schwammspinners und Goldafters. Bis zum Jahre 1911, in dem die Arbeiten ganz vom Bureau of Entomology übernommen wurden, wurde die Parasiteneinfuhr, -zucht und -aussetzung im Schwammspinner- und Goldaftergebiet vom Staate Massachusetts gemeinsam mit der Bundesregierung durchgeführt. Während dieser Jahre machte L. O. Howard noch verschiedentliche Reisen nach Europa (die 1907 bis nach Rußland ausgedehnt wurden), um das Sammeln und den Versand der Parasiten zu regeln und neue Verbindungen anzuknüpfen; im Jahre 1908 wurde auch die Verbindung mit Japan aufgenommen; durch die bereitwillige Mitarbeit führender europäischer (besonders deutscher, französischer, italienischer, österreichischer, portugiesischer, russischer, schweizerischer, spanischer und ungarischer) und japanischer Entomologen ging ein außerordentlich umfangreiches, an Individuen wie Arten zahlreiches Parasitenmaterial in diesen Jahren ein, das in Melrose Highlands, wohin 1907 das seit dem gleichen Jahr unter Leitung von W. F. Fiske stehende Parasitenlaboratorium verlegt worden war, weiter verarbeitet wurde. Von 1914—1922 trat infolge des Krieges ein Stillstand in den Parasiteneinführungen ein, die aber in dem letztgenannten Jahre wieder in großem Umfang aufgenommen wurden. Je nach dem Auftreten von Schwammspinnerkalamitäten wurden in verschiedenen Ländern Europas, so in Spanien, Bulgarien, Jugoslawien, Ungarn, der Tschechoslowakei und Polen, 1927 auch in Algerien, Feldlaboratorien eingerichtet; das Hauptquartier befand sich von 1926—1935 (unter Leitung von C. F. W. Muesebeck, P. B. Dowden und W. F. Sellers) in Budapest; zum Auf-

---

the Case of some introduced Lepidopterous Tree Defoliators. Ebd. **48**, 1934, 359—376; Riley, C. V., and Howard, L. O., The Imported Gipsy Moth. *(Ocneria dispar, L.)*. Insect Life **2**, 1890, 208—211; Schaffner jr., J. V., Dispersion of *Compsilura concinnata Meig.* beyond the Limits of the Gipsy Moth and the Brown-tail Moth Infestation. Journ. Econ. Entom. **19**, 1927, 725—732; Introduced Parasites of the Brown-tail and Gipsy Moth reared from native Hosts. Ann. Entom. Soc. America, **27**, 1934, 585—592; Tothill, J. D., The Introduction and Establishment in Canada of Natural Enemies of the Brown-tail Moth and Gipsy Moth. Agric. Gaz. Canada **3**, 1916, 111—116; Tothill, J. D., and Mc Laine, L. S., The Recovery in Canada of the Brown-tail Moth Parasite, *Compsilura concinnata*. 49. Ann. Report Entom. Soc. Ontario 1918. 1919, 35—39; Webber, R. T., and Schaffner, jr. J. V., Host Relations of *Compsilura concinnata Meigen*, an important Tachinid Parasite of the Gipsy Moth and the Brown-tail Moth. U. S. Dept. Agric., Bull. **1363**, 1926.

suchen der Schwammspinnerbefallsherde und zur Durchführung der Parasitensammlungen waren Entomologen des Bureau of Entomology in Europa tätig, so außer den drei oben genannten R. C. Brown, S. S. Crossman, S. M. Dohanian, R. T. Webber, zu denen noch die österreichischen Entomologen W. Ripper und G. Bergold kamen; in Japan wurden 1922 und 1923 die gleichen Arbeiten von J. N. Summers durchgeführt. Bis zum Jahre 1929 (Burgess und Crossman) waren 47 Arten eingeführt und in über 93 Millionen Stücken ausgesetzt worden. 15 Arten hatten sich endgültig eingebürgert; von ihnen sind die folgenden 8 Arten von beträchtlicher wirtschaftlicher Bedeutung geworden: die Chalcididen *Anastatus disparis Ruschka*[1]) und *Schedius kuwanae How.* als Eiparasiten des Schwammspinners, die Braconiden *Apanteles melanoscelus Ratz.* als Larvenparasit des Schwammspinners, und *Apanteles lacteicolor Vier.* als Larvenparasit des Goldafters, die Tachinen *Sturmia scutellata R.-D.*[2]) als Larvenparasit des Schwammspinners, *Sturmia nidicola Towns.* als Larvenparasit des Goldafters, und *Compsilura concinnata Meig.* als Larvenparasit des Schwammspinners und Goldafters, sowie die Carabide *Calosoma sycophanta L.* als Feind der Larven und Puppen von Schwammspinner und Goldafter. Die Ichneumonide *Hyposoter disparis Vier.*, Larvenparasit des Schwammspinners, die Braconide *Meteorus versicolor Wesm.* und die Tachine *Carcelia laxifrons Vill.* waren infolge schwächeren Auftretens von geringerer Bedeutung. Die beiden Chalcididen *Monodontomerus aereus Walk.*, Larven- und Puppenparasit des Schwammspinners, und *Eupteromalus nidulans Först.*, Puppenparasit des Schwammspinners und Goldafters, sind nicht nur wegen des geringeren von ihnen bewirkten Parasitierungsgrades bedeutungsloser, sondern büßen auch dadurch an Wert ein, daß sie nicht nur Primär-, sondern auch Sekundärparasiten sind; namentlich *M. aereus* ist in großem Maße Hyperparasit von *C. concinnata* und *St. nidicola*, in kleinerem Umfang auch von *A. lacteicolor, A. melanoscelus* und *M. versicolor; E. nidulans* ist ein Parasit verschiedener Braconiden, insbesondere von *A. lacteicolor*. Die beiden letzten der bis 1929 eingebürgerten 15 Arten, die beiden Carabiden *Carabus auratus L.* und *C. nemoralis L.*, sind von keiner Bedeutung als Feinde von Schwammspinner und Goldafter. Eine Beurteilung des Erfolges dieser Parasiteneinführungen ist sehr schwierig, da zahlreiche andere Faktoren: Witterungseinflüsse, Krankheiten, mechanische und chemische Bekämpfungsmaßnahmen, auf den Bestand der Schädlinge eingewirkt haben und in Betracht gezogen werden müssen. Der höchste Parasitierungsgrad des Schwammspinners durch alle Parasitenarten zusammengenommen, wurde im Jahre 1923 erreicht; im Sommer 1924 sank das Schwammspinnerauftreten auf den niedrigsten Stand; in den folgenden Jahren nahm der Schwammspinnerbestand wieder zu, während der Parasitenbestand 1925 am niedrigsten war; 1926 war eine schwache, 1927 eine deutliche Zunahme einiger Parasitenarten zu verzeichnen. Diese Feststellungen lassen das Urteil, das der Verfasser der neuesten Monographie über den Schwammspinner, K. E. Schedl, abgegeben hat, als durchaus berechtigt erscheinen: „Die ganze Schwammspinnreaktion der Zukunft wird sich der Hauptsache nach auf die technische Bekämpfung, das ist die Schadensverhütung in wirtschaftlich wichtigeren Landesteilen einerseits und die Herbeiführung eines gewissen Gleichgewichts zwischen dem Wirt und den natürlichen Feinden desselben andererseits zu beschränken haben. In bezug auf die letzteren Möglichkeiten hat die biologische Bekämpfung, die seit 1905 ohne Unterbrechung in immer wachsenderem Maße betrieben wurde, schon namhafte Erfolge zu verzeichnen, und es besteht die berechtigte Hoffnung, daß sich allmählich in dem gesamten Schwammspinnergebiet ähnliche Verhältnisse einstellen, wie sie in der Heimat des Schwammspinners anzutreffen sind. Im Zentrum des Schwammspinnergebietes sind diese Voraussetzungen bereits zugetroffen und kommt es in demselben nunmehr zu den periodischen Schwankungen in der Populationsdichte, wie sie durch Klima einerseits und durch die natürlichen Feinde andererseits auch in der Heimat des Schwammspinners Regel sind." Wirksamer offenbar — auch hier erschweren die zahlreichen anderen Faktoren sehr die Beurteilung — ist die Einbürgerung gegen den Goldafter gewesen, der einen höheren Parasitierungsgrad aufweist und als Schädling nur noch in begrenzten Teilen seines Ausbreitungsgebietes vorkommt.

---

[1]) Früher als *Anastatus bifasciatus Fonsc.* bezeichnet.

[2]) Früher *Blepharipa scutellata* R.-D. genannt.

Ein weiteres in den Vereinigten Staaten eingeschlepptes Schadinsekt, zu dessen Bekämpfung neben mechanischen Maßnahmen, die sich bisher als wirksamstes Vertilgungsmittel erwiesen haben, auch die biologische Methode herangezogen wurde, ist der Maiszünsler („European corn borer"), *Pyrausta nubilalis Hb.*[1])

---

[1]) Babcock, K. W., and Vance, A. M., The Corn Borer in Central Europe. U. S. Dept. Agric., Techn. Bull. **135**, 1929; Baird, A. B., Recent Developments in the Introduction of Parasites of the European Corn Borer. 56. Ann. Rpt. Entom. Soc. Ontario 1925. 1926, 78; The Present Status of Corn Borer Parasites in Canada. 59. Ann. Rpt. Entom. Soc. Ontario 1928. 1929, 38—40; The Introduction, Propagation and Distribution of Parasites in Canada. Conference on Biological Methods of Controlling Insect Pests., Belleville, Ont., June 25 and 26, 1936. p. 44—52, Dominion of Canada, Dept., Agric. Entom. Branch, Ottawa, o. J. (vervielfältigter Bericht); Baker, W. A., and Jones, L. G., Studies of *Exeristes roborator (Fab.)*, a Parasite of the European Corn Borer, in the Lake Erie Area. U. S. Dept. Agric., Techn. Bull. **460**, 1934; Baranoff, N., A Contribution to the Morphology of the Tachinid Flies bred from *Pyrausta nubilalis Hb.* International Corn Borer Investigations, Sci. Rpts. **2**, 1929, 128—130; Die wahre *Ceromasia senilis Mg.* und *juvenilis Girschn.* Konowia **9**, 1930, 34—36; Baranoff, N., u. Hergula, B., Über die systematische Stellung der aus *Pyrausta nubilalis Hb.* erzogenen Tachine *Ceromasia senilis (Mg.)* auct. nov. Acta Soc. Sci. Nat. Croatic. **39/40**, 1928, (Sep.: 4 pp.); Bradley, W. G., and Burgess, E. D., The Biology of *Cremastus flavoorbitalis (Cameron)*, an Ichneumonid Parasite of the European Corn Borer. U. S. Dept. Agric., Techn. Bull. **441**, 1934; Caffrey, D. J., The European Corn Borer, *Pyrausta nubilalis Hb.*: Its History and Status as a Problem in the United States. IV. Internat. Congr. Entom. Ithaca **2**, 1929, 294—302; Caffrey, D. J., and Huber, L. L., The Fundamental Phases of European Corn Borer Research. Journ. Econ. Entom. **21**, 1928, 104—107; Caffrey, D. J., and Worthley, L. H., A Progress Report on the Investigations of the European Corn Borer. U. S. Dept. Agric., Bull. **1476**, 1927; The European Corn Borer Situation in the United States at the Close of 1932. Journ. Econ. Entom. **26**, 1933, 85—102; Cartwright, W. B., Observations on the European Corn Borer and its Major Parasites in the Orient. U. S. Dept. Agric., Circ. **289**, 1933; Chu, Joo-Tso, and Hsia, Shen Hsien, A List of the Known Hymenopterous Parasites of the European Corn Borer (*Pyrausta nubilalis Hb.)* Entom. and Phytopath. **5**, 1937, 136—147; Clark, Ch. A., The European Corn Borer and its Controlling Factors in the Orient. U. S. Dept. Agric., Techn. Bull. **455**, 1934; Crawford, H. G., The European Corn Borer, *Pyrausta nubilalis Hb.*, its History and Status as a Problem in the Dominion of Canada. IV. Internat. Congr. Entom. Ithaca **2**, 1929, 138—144; Cushman, R. A., The Identity of *Habrobracon brevicornis (Wesmael)*. Proc. Entom. Soc. Washington, **24**, 1922, 122—123; Davis, J. J., The European Corn Borer: Past, Present and Future. Journ. Econ. Entom. **28**, 1935, 324 bis 333; Dudich, E., Insect Parasites of the Corn Borer *(Pyrausta nubilalis Hb.)* in Hungary. Internat. Corn Borer Invest., Sci. Rpts. **1**, 1928, 184—190; Ellinger, T., Preliminary Note on Corn Borer Parasites Collected in 1929—1930 in the Union of Socialistic Soviet Republics. Ebd. **3**, 1930, 39—41; Ellinger, T., and Sachtleben, H., Notes on the Central European Parasites of *Pyrausta nubilalis Hb.* Ebd. **1**, 1928, 109—134; Zur Kenntnis der Parasiten von *Pyrausta nubilalis Hb.* aus dem Rhein- und Donaugebiet. Arb. a. d. Biol. Reichsanst. **17**, 1929, 321—342; Notes on the East European Parasites of *Pyrausta nubilalis Hb.* Internat. Corn Borer Invest., Sci. Rpts. **2**, 1929, 62—74; Génieys, P., *Habrobracon brevicornis Wesm.* Ann. Entom. Soc. America **18**, 1925, 143—202; Goidanich, A., Gli insetti predalori e parassiti della *Pyrausta nubilalis Hb.* Boll. Lab. Entom. Ist. Sup. Agr. Bologna **4**, 1931, 77—218; Hase, A., Beobachtungen über Verbreitung und Verhalten des Maiszünslers *(Pyrausta nubilalis Hb.)* Arb. a. d. Biol. Reichsanst. **17**, 1929, 301—319; Hergula, B., Observations on the Corn Borer in Jugoslavia. Internat. Corn Borer Invest., Sci. Rpts. **1**, 1928, 201—222; Insect Parasites of the Corn Borer in Northern Jugoslavia. Ebd. **2**, 1929, 111 bis 127; The Corn Borer Situation in Southern Jugoslavia. Ebd. **3**, 1930, 121—129; Jones, D. W., Parasite Introductions: European Corn Borer *(Pyrausta nubilalis Hb.)* Journ. Econ. Entom. **17**, 1924, 117—120; Parasites of the European Corn Borer. 58. Ann. Rpts. Entom.

Der aus Europa zwischen 1909 und 1914 eingeschleppte, zur Lepidopterenfamilie *Pyralidae* gehörende Schädling wurde zuerst 1917 in Massachusetts entdeckt, wo bereits ein Gebiet von 100 Quadratmeilen befallen war; er dehnte sein Verbreitungsgebiet außerordentlich schnell aus: im Jahre 1934 umfaßte es in den Vereinigten Staaten und Kanada über 312000 Quadratmeilen. Bereits im Jahre 1919 wurden auf Veranlassung von L. O. Howard vom Bureau of Entomology des United Department of Agriculture in Europa, der Heimat des Schädlings, eingehende Untersuchungen aufgenommen, die neben der Klärung zahlreicher anderer Fragen, wie Verbreitung und Schädlichkeit, Lebensablauf und Biologie, Einfluß des Klimas, der Nährpflanzen und der Kulturmethoden, auch die Feststellung natürlicher Feinde des Maiszünslers und ihre Einführung in die Vereinigten Staaten zum Zweck hatten.

Soc. Ontario 1927. 1928, 55—56; Imported Parasites of the European Corn Borer in America. U. S. Dept. Agric., Techn. Bull. **98**, 1929; Jones, D. W., and Caffrey, D. J., Status of Imported Parasites of the European Corn Borer. U. S. Dept. Agric., Circ. **14**, 1927; Knechtel, W. K., and Ionescu, M., Observations on the European Corn Borer in Roumania. Internat. Corn Borer Invest., Sci. Rpts. **1**, 1928, 194—200; Kotlán, A., The Corn Borer Situation in Hungary. Ebd. **2**, 1929, 90—98; Lyle, G. T., Two New Species of *Apanteles*. Bull. Entom. Res. **17**, 1927, 415—416; Paillot, A., Sur la biologie d'*Eulimneria crassifemur Thoms.*, parasite de la pyrale du maïs. Compt. Rend. Séanc. Soc. Biol. **99**, 1928, 821—822; On the Natural Equilibrium of *Pyrausta nubilalis Hb.* Internat. Corn Borer Invest., Sci. Repts. **1**, 1928, 77—106; Parker, H. L., *Macrocentrus gifuensis Ashm.*, a polyembryonic Braconid Parasite in the European Corn Borer. U. S. Dept. Agric., Techn. Bull. **230**, 1931; Parker, H. L., and Smith, H. D., *Eulophus viridulus Thoms.*, a Parasite of *Pyrausta nubilalis Hb.* Ann. Entom. Soc. America **26**, 1933, 21—39; Parker, H. L., Vance, A. M., Smith, H. D., and Gamkrelidze, W., *Pyrausta nubilalis Hb.* in Europe: Notes on Infestation and Parasitism from 1926 to 1928. Journ. Econ. Entom. **22**, 1929, 688—693; Poutiers, R., La pyrale du Maïs et ses parasites, Riviera Scientifique **9**, 1922, (sep.: 5 pp.); Sachtleben, H., Notes on *Pyrausta nubilalis Hb.* and its Parasites in Bulgaria and Roumania. Internat. Corn Borer Invest., Sci. Rpts. **3**, 1930, 45—57; On the Parasites of *Pyrausta nubilalis Hb.* in Hungary. Ebd. **3**, 1930, 101—112; Séguy, E., On the Generic Characters of the Genera *Ceromasia* and *Lydella*, and on the Identity of *Lydella lepida* Stein and *senilis Meigen*. Ebd. **1**, 1928, 107—108; Smith, H. D., Description of a New Species of Ichneumon-Fly parasitic on *Pyrausta nubilalis Hbn.* in Europe. Boll. Lab. Zool. Gen. e Agr. Ist. Sup. Agr. Portici **25**. 1931, 257—258; *Phaeogenes nigridens Wesmael*, an Important Ichneumonid Parasite of the Pupa of the European Corn Borer. U. S. Dept. Agric., Techn. Bull. **331**, 1932; Thompson, W. R., and Parker, H. L., The European Corn Borer and its Controlling Factors in Europe. U. S. Dept. Agric., Techn. Bull. **59**, 1928; The Morphology and Biology of *Eulimneria crassifemur*, an important parasite of the European Corn Borer. Journ. Agric. Res. **40**, 1930, 321—345; Thompson, W. R., and Thompson, M. C., Studies of *Zenillia roseanae, B. & B.*, a Parasite of the European Corn Borer *(Pyrausta nubilalis Hb.)*. Proc. Entom. Soc. Washington **23**, 1921, 127—139; *Masicera senilis*, a Parasite of the European Corn Borer *(Pyrausta nubilalis)*. Ebd. **25**, 1923, 33—41; Vance, A. M., *Apanteles thompsoni Lyle*, a Braconid Parasite of the European Corn Borer. U. S. Dept. Agric., Techn. Bull. **233**, 1931; The Biology and Morphology of the Braconid *Chelonus annulipes* Wesm., a Parasite of the European Corn Borer. U. S. Dept. Agric. Techn. Bull. **294**, 1932; Vuillet, A., Les parasites de *Pyrausta nubilalis Hb.* en France. Bull. Soc. Entom. France 1919. 1919, 308—309; Wilke, S., Der Stand der Maiszünslerfrage. Archiv. Naturgesch. **91**, 1925, Abt. A, Heft 9, 1927, 31—72; Wishart, G., and Thomas, J. E., Recent Developments in the Corn Borer Parasite Liberation in Eastern Canada. 63. Rpts. Entom. Soc. Ontario 1932. 1933, 39—41; Zwölfer, W., Bericht über die Untersuchungen für Biologie und Bekämpfung des Maiszünslers *(Pyrausta nubilalis Hb.)* in Süddeutschland 1926. Arb. a. d. Biol. Reichanst. **15**, 1927, 355—400; Corn Borer Controlling Factors and Measures in Southern Germany. Internat. Corn Borer Invest., Sci. Rpts. **1**, 1928, 135—142; Untersuchungen zur Biologie und Bekämpfung des Maiszünslers *(Pyrausta nubilalis Hb.)* in Süddeutschland. II. Teil. Arb. a. d. Biol. Reichanst. **17**, 1929, 459—500.

Im Herbst 1919 wurde in Auch, Frankreich, ein Feldlaboratorium für die Zwecke der Parasitenerforschung und -sammlung eingerichtet, das im Sommer 1921 nach Hyères an der französischen Riviera verlegt wurde, wo es (anfänglich unter der Leitung von W. R. Thompson, später von H. L. Parker) bis 1936 (in diesem Jahre nach St. Cloud bei Paris verlegt) blieb; das entsprechende Laboratorium des Bureau of Entomology in den Vereinigten Staaten, das die eingehenden Parasitensendungen in Empfang nahm und die Weiterzüchtung und Aussetzung zur Aufgabe hatte, befand sich (unter Leitung von D. J. Caffrey) in Arlington, Mass. (An der Klärung der vorgenannten Fragen, insbesondere auch an der Feststellung der Parasitenfauna des Maiszünslers in den verschiedenen europäischen Maisanbaugebieten, war neben dem Bureau of Entomology auch die von der „International Live Stock Exposition", Chicago, ins Leben gerufene Arbeitsgemeinschaft, die unter dem Namen „International Corn Borer Investigations" eine Anzahl wissenschaftlicher Institute in verschiedenen Ländern Europas 1927—1931 zusammenschloß, beteiligt; die Sammlung und Versendung von Parasiten ist jedoch ausschließlich von den in Europa stationierten Entomologen des Bureau of Entomology durchgeführt worden.) Im Verlauf der sich auf alle Maisanbaugebiete Europas (1929—1932 wurden die Untersuchungen des Bureau of Entomology auch auf Japan, Korea, die Mandschurei und Formosa ausgedehnt) erstreckenden Forschungen wurden zahlreiche Parasiten und Feinde (Goidanich zählt 1931: 116 Arten auf, von denen sich allerdings noch eine Reihe bei genauerer taxonomischer Untersuchung als Synonyme herausstellen werden) des Maiszünslers festgestellt, deren Vorkommen und wirtschaftliche Bedeutung in den verschiedenen Maisbauregionen naturgemäß sehr verschieden ist. Etwa 20 der wichtigsten Parasitenarten wurden in großer Zahl aus Europa und Ostasien in die Vereinigten Staaten und Kanada eingeführt und nach entsprechender Vermehrung in den dortigen Schadgebieten des Maiszünslers ausgesetzt: bis Ende 1927 etwa 2000000, bis Ende 1932: 5200000 Exemplare. Unter den Arten, die sich endgültig eingebürgert haben und ohne neue Aussetzung Wirksamkeit im Feld entfalten, sind die drei folgenden, die zugleich eine gute „Parasitenfolge" darstellen, die wichtigsten: die Braconide *Chelonus annulipes Wesm.* (Eiparasit), die Ichneumonide *Inareolata punctoria Rom.* (Parasit der jüngeren Maiszünslerlarve) und die Tachine *Lydella senilis Meig.*[1]) (Parasit der älteren Maiszünslerlarve); ein guter Anfangserfolg ist auch für die erst später (1928—1932) eingeführten beiden Arten *Macrocentrus gifuensis Ashm. (Braconidae)* und *Cremastus flavoorbitalis Cam. (Ichneumonidae)* festzustellen. Keine dieser Parasitenarten ist allerdings bisher zahlreich genug, um eine wirksame Verminderung des Maiszünslers im nordamerikanischen Befallsgebiet herbeizuführen; in den Vereinigten Staaten schwankte der Parasitierungsgrad (durch alle Parasiten zusammengerechnet) im Jahre 1932 zwischen 1 und 50%; in Kanada war der durchschnittliche Parasitierungsgrad (in Klammern Maximum der Parasitierung) 1932 durch *Ch. annulipes* 2 (16), *I. punctoria* 8 (37), Tachinen 2,5 (19,5), *M. gifuensis* 2 (16) und *Cr. flavoorbitalis Cam.* 8,5 (13). In Betracht zu ziehen ist jedoch die große Ausdehnung des Maiszünslerbefallsgebietes und die im Vergleich zu ihr nur kurze Zeit, die seit Aussetzung der Parasiten verstrichen ist, so daß für die Zukunft noch eine Steigerung der Parasitenwirkung erhofft werden kann. Sodann ist zu betonen, daß die nordamerikanischen Entomologen die Einführung der Parasiten niemals in der Hoffnung in Angriff genommen haben, durch sie eine Vertilgung des Maiszünslers zu erreichen (was schon aus den dauernden und schließlich auch erfolgreichen Bemühungen um Feststellung wirksamer mechanischer Bekämpfungsmaßnahmen hervorgeht); ihr Zweck war vielmehr von Anfang an, den einen der in der Heimat des Maiszünslers wirksamen Verminderungsfaktoren, der bei dem in Nordamerika eingeschleppten Schädling fehlte, auch in dessen neues Verbreitungs- und Schadgebiet einzuführen.

---

[1]) Diese Tachine, deren Taxonomie und Nomenklatur offenbar nicht endgültig zu klären ist, erscheint in der Literatur über Maiszünslerparasiten unter den verschiedensten Namen: *Ceromasia senilis Meig., Masicera senilis Meig., Ceromasia senilis Rond., Masicera senilis Rond., Paraphorocera senilis Meig., Paraphorocera senilis Rond., Lydella stabulans grisescens R.-D., Lydella grisescens Rond., Ceromasia juvenilis Girschn., Leptotachina gratiosa B. & B., Paraphorocera senilis var. gratiosa B. & B., Ceromasia lepida Meig., Ceromasia interrupta Rond.*

Die Arbeiten des Bureau of Entomology des U. S. Department of Agriculture auf dem Gebiet der biologischen Bekämpfungsmethode[1]) werden einerseits von einer besonderen Abteilung: „Division of Foreign Parasite Introduction" und andererseits von den einzelnen Abteilungen des Bureau of Entomology durchgeführt, die sich mit dem betreffenden Wirtsinsekt (Schädling) beschäftigen. Die 1934 geschaffene Division of Foreign Parasite Introduction (Leiter C. P. Clausen) hat die Aufgabe, die natürlichen Feinde der verschiedenen Schädlinge im Auslande zu erforschen und die brauchbaren in möglichst großer Zahl in die Vereinigten Staaten einzuführen, während Zucht, Aussetzung und Nachprüfung des Erfolges den einzelnen Abteilungen zufallen; die Division of Foreign Parasite Introduction, der auch die Regelung der Zusammenarbeit auf dem Gebiet der biologischen Bekämpfungsmethode zwischen den einzelnen Abteilungen wie auch mit den verschiedenen Stellen der einzelnen Staaten obliegt, unterhält zwei auswärtige Laboratorien: in St. Cloud bei Paris (H. L. Parker und W. F. Sellers) und in Yokohama (R. W. Burrell).

Von den zahlreichen zur Zeit in den Vereinigten Staaten im Gange befindlichen Versuchen der biologischen Bekämpfungsmethode[2]) seien noch folgende kurz erwähnt: Gegen den Luzerne-Rüsselkäfer („alfalfa weevil"), *Phytonomus (Hypera) variabilis Herbst (posticus, Gyll.)*, der 1904 in Utah entdeckt, 1912 Idaho und Wyoming, 1926 Washington, California Montana und Nevada und in den folgenden Jahren noch weitere Staaten befiel, zeigte sich unter mehreren aus Europa eingeführten Parasiten[3]) die Ichneumonide *Bathyplectes curculionis Thoms.* besonders wirksam. Aus den 1911—1913 aus Europa eingetroffenen Sendungen (hauptsächlich aus Italien und der Schweiz) wurden insgesamt 1544 Stücke in Utah ausgesetzt; die Ausbreitung des Parasiten blieb anfänglich sehr beschränkt, später verbreitete er sich aber sehr schnell und hatte nach 8 Jahren fast das gesamte Verbreitungsgebiet seines Wirtes besiedelt. Nach Proben, die in Luzernefeldern entnommen wurden, waren 1930: 30,5%, 1931: 32,13%, 1932: 70,84% und 1933: 96,6% von *Ph. variabilis* durch *B. curculionis* parasitiert. Der Parasit, der überdies durch mehrere Hyperparasiten eingeschränkt wird, befällt allerdings nur die älteren Larven und ist auch nicht gleichmäßig während der ganzen Periode, in der sie vorhanden sind, wirksam. Es wird daher gehofft, daß seine Wirksamkeit durch einen weiteren Larvenparasiten, der mehrere Generationen im Jahr hat, wie z. B. die Chalcidide *Tetrastichus incertus Ratz.* (in den letzten Jahren ist auch ein Eiparasit: *Peridesmia phytonomi Gah.* ausgesetzt worden) unterstützt werden kann.

Der „Japanese Beetle", *Popillia japonica Newm.* (Fam. *Scarabaeidae*) wurde zuerst 1916 in New Jersey festgestellt; er breitete sich sehr schnell nicht nur über diesen, sondern auch in den benachbarten Staaten: Connecticut, Delaware, Maryland, Neuyork, Pennsylvanien

---

[1]) Clausen, C. P., The Organization of Biological Control Work in the United States. Conference on Biological Methods of Controlling Insect Pests, Belleville, Ont., June 25 and 26, 1936. Dominion of Canada, Dept. Agric., Entom. Branch., Ottawa, o. J., 13—18 (vervielfältigter Bericht).

[2]) Eine Übersichtskarte der Herkunft der 73 seit 1883 in die Vereinigten Staaten eingeführten Parasiten und Räuber hat Clausen (1936, Fig. 1) gegeben.

[3]) Chamberlin, T. R., Introduction of Parasites of the Alfalfa Weevil into the United States. U. S. Dept. Agtic. Dept. Circ. 301, 1924; Studies of the Parasites of the Alfalfa Weevil in Europe. Journ. Econ. Entom. **17**, 1924, 623—632; A New Parasite of the Alfalfa Weevil. Ebd. **18**, 1925, 597—602; The Introduction and Establishment of the Alfalfa Weevil Parasite, *Bathyplectis curculionis (Thoms.)*, in the United States. Ebd. **19**, 1926, 302—310; Imms, A. D., 1937; Sorenson, C. J., Some Hyperparasites of the Alfalfa Weevil Parasite, *Bathyplectis curculionis (Thoms.)*, occurring in the Uintah Basin of Utah. Proc. Utah Acad. Sci. **11**, 1934, 249—251; Strong, L. A., Report of the Chief of the Bureau of Entomology and Plant Quarantine 1935. U. S. Dept. Agric., Washington, 1935.

und später auch bis zum Mittelwesten aus; der Schaden, der sich besonders in New Jersey und den angrenzenden Gebieten bemerkbar macht, wird sowohl durch den Käfer: Fraß von Früchten und Blättern von Obst- wie auch von Zierbäumen, wie durch die Larve: Wurzelfraß an Gras auf Wiesen und Weiden, hervorgerufen. In Japan wird *P. japonica* kaum ernstlich schädlich, wahrscheinlich unter dem Einfluß der zahlreichen natürlichen Feinde und der intensiven Landwirtschaft, wogegen in den Vereinigten Staaten das Fehlen von Parasiten und der Einfluß günstiger klimatischer, ökologischer und landbaulicher Bedingungen eine außerordentliche Vermehrung zugelassen haben. Im Jahre 1920 begann das Bureau of Entomology in Japan Untersuchungen über die Parasiten[1]) des Schädlings durchzuführen, die 1922 auf Korea, 1923 auf China, ferner auch auf Assam (nur im beschränkten Umfang auf Formosa, die Philippinen, Java, die Malayische Halbinsel, Burma und Ceylon) ausgedehnt wurden; 7 Arten wurden als Parasiten von *P. japonica* in Japan festgestellt, 9 weitere Arten als Parasiten verwandter *Popillia*-Arten in den übrigen Ländern. Von 1920 an wurden umfangreiche Parasitensendungen nach den Vereinigten Staaten gesandt, die zur Einbürgerung von 3 Tachinen: *Centeter cinerea Ald.* (Parasit des Käfers), *Dexia ventralis Aldr.* und *Prosena siberita F.* (Larvenparasiten) und 2 Scoliiden: *Tiphia popilliavora Rohw.* und *Tiphia vernalis Rohw.* führten (*Centeter cinerea Aldr.* wurde auch von Japan nach Neuseeland zur Bekämpfung von *Odontria zealandica White* eingeführt).

Forficula auricularia L. (Fam. *Forficulidae*), der „Ohrwurm" („European-earwig"), wurde 1909 in die Staaten Washington und Oregon eingeschleppt, wo er sich anfänglich als Schädling bei Seattle und Portland festsetzte; später breitete er sich in das östliche Oregon und Washington und das westliche Idaho aus und wurde neuerdings auch in Denver, Colorado, entdeckt. Obwohl vom Bureau of Entomology ein wirksamer Giftköder ausfindig gemacht wurde, schien es doch vorteilhaft, daneben auch noch die biologische Bekämpfungsmethode heranzuziehen[2]), da sie nicht, wie das Auslegen des Giftköders, die regelmäßige Mitarbeit aller Betroffenen erfordert. Während des Herbstes 1931 wurden etwa 121000 Ohrwürmer in Italien, England und Frankreich gesammelt und nach Puyallup, Washington, gesandt. Aus diesen importierten Ohrwürmern wurden etwa 2800 Exemplare der Tachine *Digonichaeta setipennis Fall.* gezogen; aus diesem Grundstock wurden, nachdem geeignete Zuchtmethoden ausgearbeitet worden waren, zahlreiche Tachinen in den nächsten Jahren gezogen und an

---

[1]) Allen, H. W., and Burrell, R. W., Methods of obtaining Emergence of *Tiphia* Adults from imported Cocoons for Use against the Japanese Beetle. Journ. Agric. Res. **49**, 1934, 909—922; Allen, H. W., and Jaynes, H. A., Progress with the imported Parasites of the Japanese Beetle during 1927. Journ. Econ. Entom. **21**, 1928, 823—832; Burrell, R. W., *Dexia ventralis Aldr.*, an imported Parasite of the Japanese Beetle. Journ. Agric. Res. **43**, 1931, 323—336; Clausen, C. P., King, J. L., and Teranishi, C., The Parasites of *Popillia japonica* in Japan and Chosen (Korea), and their Introduction into the United States. U. S. Dept. Agric., Dept. Bull. **1429**, 1927; Clausen, C. P., Jaynes, H. A., and Gardner, T. R., Further Investigations of the Parasites of *Popillia japonica* in the Far East. U. S. Dept. Agric., Techn. Bull. **366**, 1933; Imms, A. D., 1937; Kato, S., [*Centeter cinerea, Aldr.*, ausgeführt von Japan nach Neuseeland.] Kontyû **9**, 1935, 7—24; King, J. L., The Present Status of the Established Parasites of *Popillia japanica Newm.* Journ. Econ. Entom. **24**, 1931, 453—462; King, J. L., Allen, H. W., and Hallock, H. C., The present Status of the Work on the Parasites of *Popillia japonica Newm.* Ebd. **20**, 1927, 365—373; King, J. L., and Hallock, H. C., A Report on certain Parasites of *Popillia japonica Newm.* Ebd. **18**, 1925, 351—356; King, J. L., and Holloway, J. K., The Establishment and Colonization of *Tiphia popilliavora*, a Parasite of the Japanese Beetle. Ebd. **23**, 1930, 266—274; *Tiphia popilliavora Rohwer*, a Parasite of the Japanese Beetle. U. S. Dept. Agric., Circ. **145**, 1930; Smith, L. B., The Japanese Beetle, its Present Status and Control. IV. Internat. Congr. Entom. Ithaca 1928. **2**, 1929, 508—515; Strong, L. A., Report of the Chief of the Bureau of Entomology 1934. U. S. Dept. Agric., Washington, 1934.

[2]) Getzendaner, C. W., The Introduction and Propagation of *Digonichaeta setipennis Fall.*, a Parasite of the European Earwig. Proc. Entom. Soc. Brit. Columbia No. 33, 1937, 8—12.

verschiedenen Orten des Befallsgebietes ausgesetzt; da der Parasit in der Nähe einiger Aussetzungsstellen wieder gefunden wurde, besteht die Hoffnung, daß er sich einbürgert und weiter verbreitet.

Der Weidenspinner („satin moth"), *Stilpnotia salicis L.*, ein Pappel- und Weidenschädling, wurde 1920 bei Boston, Mass., entdeckt; kurze Zeit darauf wurde er auch in British Columbia und 1922 im Staat Washington gefunden; seit 1920 hat er sich in den Neuengland-Staaten schnell ausgebreitet. Das Budapester Laboratorium des Bureau of Entomology führte daher in mitteleuropäischen Weidenspinnerbefallsgebieten Untersuchungen mit dem Ziel durch, geeignete Parasiten zur Einführung in die Vereinigten Staaten ausfindig zu machen.[1]) Die Braconide *Apanteles solitarius Ratz.*, die weit verbreitet in Mitteleuropa und ein wirksamer Verminderungsfaktor des Weidenspinners ist, schien den Anforderungen zu entsprechen und wurde zuerst 1927 nach Melrose Highlands, Mass., gesandt; nachdem Vermehrungen im Laboratorium durchgeführt worden waren, wurde sie an 5 Orten in Massachusetts sowie je 1 in New Hampshire und in Kent, Wash. ausgesetzt und später auch aus Neuengland nach Kanada gebracht. Spätere Sammlungen an verschiedenen Orten haben ergeben, daß sich der Parasit schnell ausgebreitet und jetzt offenbar im ganzen Weidenspinnerbefallsgebiet in Neuengland eingebürgert hat. Auch zur biologischen Bekämpfung weiterer in die Vereinigten Staaten eingeschleppter Forstschädlinge[2]), z. B. von *Rhyacionia buoliana Schiff.*, *Coleophora laricella Hb.* und *Phyllotoma nemorata Fall*, hat das Budapester Parasitenlaboratorium umfangreiche Parasitensammlungen (namentlich in Österreich) durchgeführt und versandt.

In Kanada[3]) sind biologische Bekämpfungsmaßnahmen wiederholt in enger Zusammenarbeit mit den Entomologen des Bureau of Entomology oder der einzelnen Bundesstaaten durchgeführt worden, so z. B. gegen Schwammspinner und Goldafter oder (wie vorher erwähnt) Maiszünsler und Weidenspinner.

Apanteles solitarius Ratz. hat sich auch in British Columbia gut bewährt: 1933 aus Neuengland eingeführt und bei Vancouver ausgesetzt, bürgerte er sich sogleich ein und verbreitete sich so schnell, daß er Ende 1935 das ganze untere Fraser Tal besiedelt hatte; der Weidenspinnerbefall war in einem solchen Umfang eingedämmt, daß es fast unmöglich war, eine nichtparasitierte Raupe zu finden; die Baumstämme waren mit den weißen Kokons des Parasiten bedeckt. In Ostkanada soll dagegen die ursprünglich zur Bekämpfung des Goldafters eingeführte Tachine *Compsilura concinnata Meig.* als Parasit des Weidenspinners wichtiger geworden sein.

Ein Erfolg der biologischen Bekämpfungsmethode in Kanada war die Einführung[4]) von *Mesoleius tenthredinis Morl.* (Fam. *Ichneumonidae*). Die Lärchenblattwespe („larch sawfly"), *Lygaeonematus erichsoni Htg.*, (Fam. *Tenthredinidae*), aus Europa eingeschleppt, 1881 in

---

[1]) Parker, D. L., *Apanteles solitarius (Ratz.)*, an introduced Braconid Parasite of the Satin Moth. U. S. Dept. Agric., Techn. Bull. **477**, 1935.

[2]) Dowden, P. B., Recently introduced Parasites of three imported Forest Insects. Ann. Eutom. Soc. America **27**, 1934, 599—603.

[3]) Baird, A. B., The Introduction, Propagation, and Distribution of Parasites in Canada. Conference on Biological Methods of Controlling Insect Pests, Belleville, Ont., June 25 and 26, 1936. Dom. Canada, Dept. Agric., Entom. Branch o. J., 44—52 (vervielfältigter Bericht); De Gryse, J. J., On the Use of Parasites in the Control of Forest Insects. For. Chron. **11**, 1935, 8—11; Imms, A. D., 1937.

[4]) Criddle, N., The Introduction and Establishment of the Larch Sawfly Parasite, *Mesoleius tenthredinis Morley*, into Southern Manitoba. Canad. Entom. **60**, 1928, 51—53; De Gryse, J. J., On the Use of Parasites in the Control of Forest Insects. For. Chron. **11**, 1935, 8—11; Hewitt, C. G., The Large Larch Sawfly *(Nematus erichsonii)*. Dom. Canada, Dept. Agric., Exper. Farms, Div. Entom., Bull. **10**; 2. Ser., Entom. Bull. **5**, 1912, The Introduction into Canada of the Ichneumon Fly, *Mesoleius tenthredinis*, a parasite Enemy of the Larch Sawfly, *Nematus erichsonii*. Agric. Gaz. Canada **4**, 1917, 355—357; Hopping, G. R., A Forest Insect Problem in British Columbia. For. Chron. **11**, 1935, 258—261.

Massachusetts, 1883 in Ostkanada festgestellt, vernichtete zwischen 1890 und 1910 die Lärchenbestände östlich der großen Seen, breitete sich von 1910 an weiter westlich in die Prärieprovinzen aus und trat 1933 auch in British Columbien auf. Hewitt, der 1908 in England einen (später von Morley als *Mesoleius tenthredinis* beschriebenen) Parasiten der Lärchenblattwespe entdeckt hatte, veranlaßte, nachdem er als Entomologe nach Kanada übergesiedelt war, daß von 1910 an Kokons parasitierter Lärchenblattwespen in England gesammelt und ihm zugesandt wurden. Die 1910 und in den folgenden Jahren an mehreren Orten in New Brunswick, Quebec, Ontario und Manitoba vorgenommenen Aussetzungen gelangen; 1916 war der Parasit bereits fest eingebürgert. Einen Eindruck von der schnellen Zunahme der Parasiten gaben die von Criddle mitgeteilten Feststellungen, der 1913 von Hewitt parasitierte Lärchenblattwespenkokons erhielt und die aus ihnen geschlüpften Parasiten an einem Ort in Manitoba aussetzte. 1916 betrug der Prozentsatz der von *M. tenthredinis* parasitierten Blattwespen 19%, 1917: 22%, 1919: 40%, 1920: 66% und 1921: 88%. Nachdem *L. erichsoni* 1933 in British Columbien in großer Zahl aufzutreten begonnen hatte, wurden 1934 aus Quebec bezogene *M. tenthredinis* an verschiedenen Punkten ausgesetzt und 1935 zusätzliche Aussetzungen vorgenommen; im Frühjahr 1936 wurden weitere Parasiten angefordert; als jedoch die erste Sendung abgegangen war, kam die Nachricht aus British Columbien, daß weitere Sendungen überflüssig seien, da der Parasit zu Hunderten aus dem dortigen Material schlüpfte.

Auch zur Bekämpfung einer weiteren, erst vor wenigen Jahren nach Kanada eingeschleppten Blattwespe: *Diprion (Lophyrus) polytomum Htg.* ist die biologische Bekämpfungsmethode eingesetzt worden.[1]) *D. polytomum*, eine in Europa seltenere Art, die dort nicht zu Massenauftreten neigt, wurde 1930 als ernster Schädling von *Picea glauca Voß* (weitere Fraßpflanzen sind *P. mariana Mill.* und *rubra Link*) auf der Gaspé-Halbinsel, Kanada, entdeckt und fand sich 1935 bereits im größten Teil der Waldregion des östlichen Kanada und der nordöstlichen Vereinigten Staaten. Durch Entomologen des zum britischen Imperial Institute of Entomology gehörenden Farnham House Laboratory wurde 1932—1935 in verschiedenen Teilen Europas: Tschechoslowakei, Österreich, Ungarn und Jugoslawien nach *D. polytomum* und seinen Parasiten gesucht. Da diese Blattwespe jedoch nur in geringeren Mengen gefunden wurde, wurden hauptsächlich parasitische Kokons anderer *Diprion*-Arten, von denen Massenauftreten ausfindig gemacht werden konnte, in großer Zahl gesammelt und über das Farnham House Laboratory, wo sie umgepackt wurden, nach Kanada versandt; so z. B. 1934: 8 Millionen parasitierter Kokons von *Diprion sertifer Geoffr.* Von den 16 auf diese Weise nach Kanada importierten Parasiten war die Chalcidide *Microplectron fuscipennis Zett.* am wichtigsten; sie parasitiert ausschließlich in verschiedenen *Diprion*-Arten (als „Primärparasit", daneben aber auch als „Sekundärparasit" in dem ebenfalls in Diprion-Arten schmarotzenden *Microcryptus basizonius Grav.*). Obwohl die geographische Verbreitung beider Arten die gleiche ist, war *M. fuscipennis* nicht als Parasit von *D. polytomum* bekannt, vermutlich wegen der Seltenheit dieser Blattwespe und der Unregelmäßigkeit ihres Auftretens in Europa; im Laboratorium gelang jedoch ihre Zucht als Parasit von *D. polytomum* leicht; ihre Wiederauffindung an mehreren Orten im kanadischen Befallsgebiet 1935 zeigte auch, daß sie sich eingebürgert hat. Zwei weitere aus den europäischen Parasitensendungen eingebürgerte Arten sind ferner die schon genannte Ichneumonide *M. basizonius* (wie *M. fusci-*

---

[1]) Balch, R. E., The European Spruce Sawfly Outbreak in 1935. Canad. Entom. **68**, 1936, 23—31; Balch, R. E., and Simpson, L. J., European Sawfly *(Diprion polytomum, Hartig)*, attacking Spruce in the Gaspe Peninsula. Ebd. **64**, 1932, 162—163; Finlayson, L. R., and Reeks, W. A., Notes on the Introduction of *Diprion* Parasites to Canada. Ebd. **68**, 1936, 160—166; Mac Atorney, H. J., The European Spruce Sawfly. Twelfth National Shade Tree Conference Boston 1936. Ithaca o. J., 145—150; Morris, K. R. S., and Cameron, E., The Biology of *Microplectron fuscipennis Zett. (Chalcid.)*, a Parasite of the Pine Sawfly *(Diprion sertifer Geoffr.)*. Bull. Entom. Res. **26**, 1935, 407—418; Reeks, W. A., Notes on the Biology of *Microplectron fuscipennis Zett.* as a Cocoon Parasite of *Diprion polytomum*. Canad. Entom. **69**, 1937, 185—187; Ullyett, G. C., Host Selection by *Microplectron fuscipennis, Zett.* Proc. Roy. Soc. London (B) **120**, 1936, 253—291; The Physical Ecology of *Microplectron fuscipennis Zett.* Bull. Entom. Res. **27**, 1936, 195—197.

pennis Kokonparasit) und eine weitere Ichneumonide *Exenterus marginatorius F.*, welche die Larve im jüngeren Stadium befällt und in Europa ein häufiger Parasit verschiedener *Diprion*-Arten ist.

Sehr erfolgreich verlief auch die Einführung der Chalcidide *Blastothrix sericea Dalm.* zur Bekämpfung der eingeschleppten Schildlaus *Eulecanium coryli L.*, die in und um Vancouver an Zierbäumen sehr schädlich auftrat, aber wenige Jahre nach der Einbürgerung der 1928 vom Farnham House Laboratory bezogenen Parasiten dort fast völlig verschwand.[1])

Zur weiteren Durchführung der eben geschilderten wie auch weiterer in Angriff genommener Projekte der biologischen Bekämpfung in Kanada wurde 1936 ein „Dominion Parasite Laboratory" in Belleville, Ont., eingerichtet, das zur entomologischen Abteilung des kanadischen Department of Agriculture gehört.[2])

In England wurde im Jahre 1927 vom Imperial Institute of Entomology das (seit 1928 unter Leitung von W. R. Thompson stehende) Farnham House Laboratory (in Farnham Royal, Bucks) gegründet[3]), das die Aufgabe hat, die Bekämpfung land- und forstwirtschaftlich schädlicher Insekten durch die biologische Methode zu fördern; seine Arbeit verteilt sich hierbei auf drei Gebiete: praktische Tätigkeit, die besonders in der Erforschung für die Ausführung geeigneter Parasiten, deren Sammlung und Übersendung an die Entomologen der verschiedenen Teile des Empire besteht; beratende Tätigkeit über die Durchführung biologischer Bekämpfungsmaßnahmen; eigene wissenschaftliche Untersuchungen über grundlegende Fragen; zur Durchführung besonderer Untersuchungen werden auch Entomologen des Laboratoriums ausgesandt, so J. G. Myers nach Westindien und W. F. Jepson nach Mauritius. Im Jahre 1929 übernahm das Laboratorium auf Wunsch der neuseeländischen Regierung auch die europäischen Untersuchungen über die zur Bekämpfung von Unkräutern brauchbaren Insekten. Das Farnham House Laboratory hat seit seinem Bestehen Arbeiten über 45 Schadinsekten für Großbritannien, Kanada, Australien, Neuseeland, Südafrika, den Irischen Freistaat, Indien, Ceylon, Kenya, Westindien, Cypern, Fiji und die Falkland-Inseln durchgeführt; in den Jahren 1927—1936 gingen 631 Sendungen von Parasiten oder parasitierten Insekten mit insgesamt 11065353 Stücken ab.

Ein Beispiel für die Anwendung der biologischen Methode zur Bekämpfung eines Gewächshausschädlings ist die von England ausgehende Verwendung der

---

[1]) De Gryse, J. J., On the Use of Parasites in the Control of Forest Insects. For. Chron. **11**, 1935, 8—11; Glendenning, R., The Progress of Parasite Introduction in British Columbia. Proc. Entom. Soc. Brit. Columbia No. 28, 1931, 29—32; A Successful Parasite Introduction into British Columbia. Canad. Entom. **65**, 1933, 169—171; On the Control of *Eulecanium coryli (L.)* in British Columbia by the Parasite *Blastothrix sericea (Dalm.)*. Proc. 5th Pacific Sci. Congr. Canada 1933. **5**, 1934, 3543—3545.

[2]) Baird, A. B., The Introduction, Propagation, and Distribution of Parasites in Canada. Conference on Biological Methods of Controlling Insect Pests, Belleville, Ont., June 25 and 26, 1936. Dom. Canada, Dept. Agric., Entom. Branch, Ottawa, o. J., 44—52 (vervielfältigter Bericht).

[3]) Thompson, W. R., The Biological Control of Insect and Plant Pests. London 1930; The Work of the Farnham House Laboratory, Conference on Biological Methods of Controlling Insect Pests, Belleville, Ont., June 25 and 26, 1936. Dom. Canada, Dept. Agric., Entom. Branch, Ottawa, o. J., 5—10 (vervielfältigter Bericht).

Chalcidide *Encarsia formosa Gah.*[1]) gegen die Mottenschildlaus (Fam. *Aleyrodidae) Trialeurodes vaporariorum Westw* („Weiße Fliege", „White fly").

Eine *Encarsia*-Art (es steht nicht fest, ob es sich um *E. formosa Gah.* oder eine andere Art, vielleicht *E. partenopea Masi*, gehandelt hat), wurde von G. F. Wilson 1914 in einem Tomatenhaus in Wisley (Surrey) und nochmals 1921 in einem Gewächshaus in Cobham (Surrey) gefunden; in beiden Fällen — 1914/15 wurde von Wilson sogar Material an andere Gewächshäuser versandt — starben die Tiere jedoch aus. 1926 trat abermals eine *Encarsia*-Art, die nun als *E. formosa Gah.* bestimmt werden konnte, in einem kleinen Gewächshaus in Elstree (Herts.) auf; sie fand sich anfänglich als Parasit von *Tr. vaporariorum*, die auf einer aus indischem Samen gezogenen *Cassia tomentosa* als Schädling aufgetreten war; dann ging der Parasit auf Mottenschildläuse, die sich auf Gurken, und später auf solche, die sich auf Tomatenblättern befanden, über. Die Heimat des Parasiten, der nicht absichtlich eingeführt, sondern nur durch Zufall entdeckt wurde, konnte nicht festgestellt werden; man hat teils Indien, teils das tropische Amerika vermutet. Tomatenblätter mit weißen Fliegen, die von *E. formosa* parasitiert waren, wurden an E. R. Speyer, den Entomologen der Gartenbauversuchsstation in Cheshunt (Herts.), gesandt, der die Bedeutung des Parasiten erkannte, geeignete Zuchtmethoden ausarbeitete und bereits 1928 an englische Gewächshäuser 287000 Exemplare verteilte. Im gleichen Jahre wurden auch 22000 Stück durch Vermittlung des Farnham House Laboratory nach Kanada versandt, wo sich der Parasit ebenfalls in Gewächshäusern gut bewährte. 1933 wurde *E. formosa* erfolgreich in Neuseeland eingebürgert und von dort 1934 nach Australien (Neusüdwales, Viktoria, Tasmanien und Südaustralien) eingeführt. Im Hinblick auf die Kulturempfindlichkeit von *E. formosa* ist es notwendig, sie in besonders geheizten Warmhäusern zu überwintern, um für das folgende Frühjahr genügend Material zur Verteilung zu haben; die Parasiten werden, wenn sie sich im Puppenzustand in ihrem Wirt befinden, verteilt, indem den von weißen Fliegen befallenen Gewächshäusern Tomatenblätter, die zahlreich mit parasitierten Larven von *Tr. vaporariorum* besetzt sind, zugesandt werden. In Gebieten mit mildem Winter, wie in Australien, scheint sie jedoch sogar im Freien überdauern zu können; auch in Neuseeland wurde sie nicht nur im Gewächshaus, sondern auch im Feld gefunden und aktive Verbreitung während des Sommers nachgewiesen.

Der zweite der wenigen Fälle, in denen die biologische Bekämpfung eines Schädlings von Europa ihren Ausgang genommen hat, ist die Vertilgung der Schildlaus des Maulbeerbaums, *Aulacaspis (Diaspis) pentagona Targ.*, durch die Chalcidide *Prospaltella berlesei How.*[2])

---

[1]) Baird, A. B., Biological Control of Greenhouse Insects. Rpt. Entom. Soc. Ontario 1934. **65**, 1935, 72—73; Lefroy, H. M., The Control of White Fly and Soft Scale. Garden. Chron. **58**, 1915, 154; Imms, A. D., 1937; Muggeridge, J., Entomology Section. Rpt. Dept. Agric. New Zealand 1933/34, 1934, 42—43; 1934/35, 1935, 47; Speyer, E. R., An Important Parasite of the Greenhouse White-Fly (*Trialeurodes vaporariorum Westwood*). Bull. Entom. Res. **17**, 1927, 301—308; A White-Fly Parasite (*Encarsia formosa Gahan*). 13. Ann. Rpt. Exp. Stat. Nursery Mkt. Gdn. Ind. Devpmt. Soc. 1927. 1928, 96—100; Ebd. (14. Ann. Rpt.) 1928. 1929, 96—100; Greenhouse White-Fly (*Trialeurodes vaporariorum Westwood*). Journ. Roy. Hortic. Soc. **54**, 1929, 181—192; Biological Control of the Greenhouse White-Fly. Nature **126**, 1930, 1009—1010; Thompson, W. R., 1930a; Tonnoir, A. L., The Biological Control of the Greenhouse White Fly in Australia. Journ. Counc. Sci. and Industr. Res. **10**, 1937, 89—95; Trappmann, W., Anwendung der „biologischen Bekämpfungsmethode" im Gewächshaus. Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutzd. **9**, 1929, 93—94; Wilson, G. F., Biological Control of the Greenhouse White Fly. Garden. Chron. 1931, 15—17; Entomological Investigations. Rpts. Counc. Sci. and Industr. Res. **9**, 1936, 28—34, 69—70.

[2]) Balachowsky, A., Contribution à l'étude des Coccides de France (4e note). Quelques Hyménoptères Chalcidiens parasites de Coccides recueillis dans les Alpes-Maritimes et le Var durant l'année 1929. Rev. Path. Végétal. et Entom. Agric. **17**, 1930, 218—221; Barroe-

Im Jahre 1885 trat in der Lombardei eine Schildlaus an den Maulbeerbäumen auf, die sich zuerst in den Hauptanbaugebieten des Maulbeerbaums in dieser Landschaft ausbreitete, dann in Piemont und Venetien eindrang und sich in den nächsten Jahren im mittleren und südlichen Italien verbreitete; bis Anfang 1903 waren 763, 1912 bereits 2208 Orte befallen;

---

taveña, F. A., y Girola, C. D., Extracto de los trabajos efectuados per la comisión nacional designada por el Ministerio de Agricultura para propagar la Prospaltella *(Prospaltella berlesei How.)* como medio de destruir la Diaspis *(Diaspis pentagona Targ.)* durante los diez primeros meses de ejercicio desde Junio 1914 a Abril 1915. Bol. Min. Agric. **19**, 1915, 394—415; Segundo resume de los trabajos efectuados . . . durante el segundo periodo, desde Abril a Novembre de 1915. Ebd. **20**, 1916, 314—324; Berlese, A., *Diaspis pentagona Targ.* e *Prospaltella berlesei How.* nel Veneto alla fine del 1913. Redia **9**, 1913, 235—283; The Control of the Japanese Fruit Scale *(Diaspis pentagona)* in Italy. Monthly Bull. Agric. Intelligence and Plant Diseases **4**, 1913, 697—703; La distruzione della „*Diaspis pentagona*" a mezzo della *Prospaltella berlesei*". Redia **10**, 1915, 151—218 (mit ausführlichem Verzeichnis der weiteren Arbeiten Berleses und der gesamten italienischen Literatur über *P. berlesei* von 1908—1914); Tornerà la Diaspis sui nostri gelsi? Boll. Agric. Nr. 11, 1920; Bolle, J., Die Schildlaus des Maulbeerbaums und deren biologische Bekämpfung. Ztschr. angew. Entom. **1**, 1914, 196—213; Der volle Erfolg der biologischen Bekämpfung der Schildlaus des Maulbeerbaumes *(Diaspis pentagona T. T.)*. Ebd. **3**, 1916, 124—126; Bouvier, E. L., Coccinelles contre Cochenilles. Rev. Sci. 1913. 1913, 673—677; Campos Novaes, J. de, A *Prospaltella berlesei*. Chacaras e Quintaes **24**, 1921, 209; A *Prospaltella berlesei How.* parasita da *Diaspis pentagona Targ.* Boll. Agric. **23**, 1922, 343—366; Catan, M. P., El *Diaspis pentagona* en nuestros arboles frutales. An. Soc. Rur. Argentina **55**, 1921, 759; Della Beffa, G., Relazione sull'attività de Laboratorio e R. Osservatorio di Fitopatologia di Torino nell'anno 1935. Turin 1936; Gallardo, A., Introducción de la *Diaspis pentagona* y lucha contra esta plaga en la Rep. Argentina. An. Zool. Applic. **3**, 1916, 33—50; Gastine, G., La lutte contre la *Diaspis pentagona* en Italie. Ann. Serv. Épiph. **1**, 1913, 196—219; *Diaspis pentagona* (Cochenille du Murier). Paris o. J. (? 1914); Howard, L. O., On the Parasites of *Diaspis pentagona*. Redia **3**, 1905, 389—392; Further Notes on *Prospaltella berlesei How.* Journ. Econ. Entom. **9**, 1916, 179—181; A History of Applied Entomology. Smithson. Misc. Coll. **84**, 1930, 518—519; Lizer y Trelles, C. A., La instalacion de Insectarios para la propagacion de enemigos de las plagas agricolas. Jornadas Agronomicas 1934. 1935, 339—356; Lopes, G., Uma praga do Pessegueiro. Como a *Prospaltella berlesei* terminou com o *Diaspis pentagona*. Bol. Agric. **21**, 1920, 730—740; Malenotti, E., *Prospaltella berlesei e Aphalinus mali*. Giorn. Agric. della Domenica **34**, 1924, 226; Gli insetti utili alle piante coltivate, 1926; Una speciale questione diaspidica. Il Coltivatore 1927, Nr. 13, 1927; Osservazioni sui rapporti fra *Diaspis pentagona Targ.* e *Prospaltella berlesei How.* Atti Acad. Agric. Sci. Lett. Verona (5) **9**, 1931, 97—106; Mazzàccara, G., La Cocciniglia del Gelso. Allevamenti **2**, 1921, 237—238; Poutiers, P., Note sur *Prospaltella berlesei How.* parasite de *Diaspis pentagona Targ.* Bull. Soc. Entom. France 1919. 1919, 334—335; Observations sur quelques Hyménoptères parasites de Coccides sur le littoral méditerranéen. Rev. Path. Végét. et Entom. Agric. **15**, 1928, 267—270; Ripper, M., Bericht über die Tätigkeit der K. K. landwirtsch.-chem. Versuchsstation in Görz im Jahre 1914. Ztschr. Landwirtsch. Versuchswesen Österreich **18**, 1915, 203—242; Silvestri, F., A proposito di predatori e di Prospaltella nella lotta contro la Diaspis. Bull. Informaz. Seriche **2**, 1915, 654—657; Stefani, T. de, *Diaspis pentagona* e *Prospaltella berlesei*. Allevamenti **2**, 1921, 291; Stellwaag, F., Aus dem Arbeitsgebiet der R. Stazione di Entomologia in Florenz und anderer Stationen für Schädlingsbekämpfung in Oberitalien. Anz. f. Schädlingskunde **3**, 1927, 139—146; Vayssière, P., Existence en France du *Diaspis pentagona Targ.* Bull. Soc. entom. France, 1918, 242—243; Voglino, P., *Prospaltella berlesei* against *Diaspis pentagona* in Piedmont in 1935. Internat. Rev. Sci. and Practice Agric. **7**, 1916, 905—906; Voglino, P., e Savelli, M., La diffusione della *Prospaltella berlesei How.* nell'anno 1914. R. Osserv. Auton. di Fitopat. Turin 1915; Como terminó la *Prospaltella berlesei* con el *Diaspis pentagona*. Minist. Industr., Defensa Agric. Uruguay, Boll. Mens. **1**, 1920, 55—58; Propagación de la Prospaltella. Gaceta Rural **10**, 1916, 150.

1913 wurde der Schädling, der den Seidenbau Italiens aufs schwerste bedrohte, in der Provinz Palermo festgestellt. Die erfolgreiche Bekämpfung der Schildlaus mit Hilfe der biologischen Methode ist dem bekannten italienischen Entomologen A. Berlese zu danken, der bereits 1910 gegen *Icerya purchasi Mask.* in Italien *Rodolia cardinalis Muls.* eingeführt hatte. Da *Aulacaspis pentagona Targ.* (die damals von den nordamerikanischen Entomologen, namentlich wegen ihres Vorkommens auf anderen Wirtspflanzen, als eigene Art: *Diaspis amygdali Tryon* angesehen wurde) in den Vereinigten Staaten weniger schädlich auftrat, erbat sich Berlese durch Vermittlung L. O. Howards mit Schildläusen besetzte Zweige von dort, die er im Mai 1906 erhielt. Aus diesen Schildläusen zog Berlese drei Parasiten, die nach Howards Bestimmung zwei bereits bekannte Arten und eine neue, die er als *Prospalta berlesei* beschrieb, waren. Bereits im Mai und Juni 1906 wurden die wenigen Exemplare der neuen Parasitenart, die Berlese aus dem nordamerikanischen Material gezogen hatte, in der Provinz Mailand ausgesetzt; 1907 wurden die Zuchten in der Provinz Pisa, in der *A. pentagona* festgestellt worden war, fortgeführt; im gleichen Jahre wurden weitere Exemplare, die Berlese aus Japan bezogen hatte, in Genua ausgesetzt. Im Jahre 1908 war *Pr. berlesei* an 5 Orten in Italien: Genua, Casalmonferrato, Mailand, Pisa und Acerra eingebürgert. Zucht und Verbreitung der Parasiten wurden auch im nächsten Jahre von der unter Leitung Berleses stehenden Entomologischen Station in Florenz festgesetzt; im Jahre 1914, in dem von der italienischen Regierung erhebliche Zuschüsse zur Verfügung gestellt wurden, wurden 473000 Zweigstücke, die mit parasitierten Schildläusen besetzt waren, verteilt; am Ende dieses Jahres war *A. pentagona* bereits an vielen Stellen ihres Ausbreitungsgebietes, namentlich in Norditalien, vernichtet. Die weitere Aussetzung, Ausbreitung und Wirksamkeit von *Pr. berlesei* setzte sich auch in den folgenden Jahren fort und brachte vollen Erfolg bei der Unterdrückung von *A. pentagona.* Malenotti (1927) hat drei Perioden des Auftretens von *Pr. berlesei* in Italien unterschieden: 1. außerordentlich schnelle Verbreitung in Italien, 2. Maximum der Ausbreitung, 3. Wiederauftreten vereinzelter Herde von *A. pentagona*; diese Herde sind jedoch nur lokal und von geringem Umfang und meist durch örtliche, für den Parasiten ungünstige Umstände hervorgerufen, wie z. B. durch den vom Motorverkehr erzeugten Staub, dessen Wirkung durch Teeren der Straßen aufgehoben werden konnte. In der Frage der biologischen Bekämpfung von *A. pentagona* in Italien erhob sich noch eine lebhafte Diskussion zwischen A. Berlese und seinem Nachfolger in der Leitung des Laboratorio di Zoologia generale e agraria an der Landwirtschaftlichen Hochschule in Portici, F. Silvestri, der zur Bekämpfung der Schildlaus Coccinelliden: *Chilocorus bipustulatus L.* und *Lindorus (Rhizobius) lophantae Blaisd.* nach Italien einführte und diese Räuber für wichtiger hielt als den Parasiten; er machte geltend, daß ihre Wirksamkeit schwieriger zu beurteilen sei, da sie nicht, wie der Parasit, die Schilde des Wirtes übrig ließen; Berlese seinerseits warf den Marienkäfern vor, daß sie die Ausbreitung des Parasiten beeinträchtigten. Wenn die Coccinelliden sicher in manchen Fällen auch eine gute Wirksamkeit entfaltet haben, so ist doch wohl die Frage zugunsten von *Pr. berlesei* entschieden. Der Parasit wurde weiterhin noch in verschiedene andere Länder — teils aus Italien, teils aus den Vereinigten Staaten — eingeführt, so in Südtirol, im österreichischen Küstenland (Görz und Triest), in der Schweiz, ferner in Uruguay, Brasilien, Argentinien und Chile, und hat sich überall mit gutem Erfolg eingebürgert. In besonders großem Umfang wurde die Aussetzung von *Pr. berlesei* in Argentinien betrieben, wohin sie 1913 von Italien aus eingeführt wurde und wo *A. pentagona* ein Obstbaumschädling ist: innerhalb von 3 Jahren wurden 3 Millionen „prospaltellisierte" Zweige an Obstzüchter abgegeben.

Einer der bekanntesten Versuche der biologischen Bekämpfungsmethode ist die Einführung des Blutlausparasiten *Aphelinus mali Hald.*[1]) in zahlreiche Länder der ganzen Erde.

---

[1]) Eine eingehende Schilderung der Einführungen und Einbürgerungen von *A. mali* bis zum Jahre 1929 gibt L. O. Howard in seiner Arbeit: *Aphelinus mali* and its travels. Ann. Entom. Soc. Am. **22**, 1929, 341—368. Im folgenden sind daher außer einigen historischen und grundlegenden Arbeiten in der Hauptsache nur solche Veröffentlichungen zitiert, die seit 1929 erschienen sind. Balachowsky, A., et Mesnil, L., Les insectes nuisibles aux

Die Blutlaus, *Eriosoma lanigerum Hausm.*, wurde aus Nordamerika schon gegen Ende des 18. Jahrhunderts in Europa und später auch in ziemlich alle anderen Gebiete der Erde verschleppt, in denen Apfelbau betrieben wird. In ihrer nordamerikanischen Heimat hat die Blutlaus einen Parasiten: die bereits 1851 von Haldeman als *Eriophilus mali* beschriebene

---

plantes cultivées **1**, 1935, 316—317; Bergold, G., Zur Bekämpfung der Blutlaus mit der Zehrwespe. Landwirtschaft 1936. Nr. 10, 1936, 319—320; Bodo, F., *Aphelinus mali* im Burgenland heimisch. Neuheiten a. d. Gebiet d. Pflanzenschutzes **27**, 1934, 1—7; Borg, P., Report of the Plant Pathologist. Rpt. Dept. Agric. Malta 1934/35, p. LIII—LXI. Malta 1930; Ciślik, Wl., u. Kawecki, Zb., Das spontane Auftreten der Blutlauszehrwespe *Aphelinus mali Hald.* in Polen. Bull. Acad. Polon. Sci. et Lettr., Classe Sci. Math. et Nat., Sér. B. Sci. Nat. (II), 1935, 343—345; Del Guercio, G., La vespina che libera il pomario della Schizoneoara del melo e del pero e salva diecine di milioni all'economia nazionale *(Aphelinus mali Hald.)*. Redia **19**, 1931, 253—307; Deutschmann, J., Die Blutlauszehrwespe in Südmähren. Die kranke Pflanze **12**, 1935, 4—6; Ztschr. Pflanzenkrankh. **45**, 1935, 41—44; Faes, H., Un contre-parasite du puceron lanigère, l'*Aphelinus mali*. Ann. Agric. Suisse **29**, 1928, 515—519; Fryer, J. C. F., in: Report on the Occurence of Insect Pests on Crops in England and Wales 1925—1927. Misc. Publ. Minist. Agric. No. 62, 1928; Greenslade, R. M., Horticultural Aspects of Woolly Aphis Control. Imp. Bur. Fruit Product. Techn. Com. **8**, 1936, 22; Greenslade, R. M., and Massee, A. M., Some Notes on the Woolly Aphis Parasite *(Aphelinus mali Hald.)*. Rpt. East Malling Res. Stat. 1933. **21**, 1934, 225—227; Howard, L. O., The *Aphelininae* of North America. U. S. Dept. Agric., Div. Entom., Techn. Ser. No. 1. 1895; Upon the Aphis-Feeding Species of *Aphelinus*. Entom. News **19**, 1908, 365—367; Jancke, O., Zur Frage der Überwinterung der Blutlaus und ihres Parasiten *Aphelinus mali Hald.* Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutzdienst **9**, 1929, 83—85; Zur Ausbreitungsfähigkeit der Blutlauszehrwespe *Aphelinus mali Hald.* Arb. phys. angew. Entom. **1**, 1934, 101—109; Über den Einfluß einiger Blutlausbekämpfungsmittel auf die Entwicklung des Blutlausparasiten *Aphelinus mali*. Ebd. **2**, 1935, 96—98; Kawecki, Zb., Blutlaus und Blutlauszehrwespe in Süd-Polen. Krakau 1936; Kovačević, Z., Die Verbreitung von *Aphelinus mali* in Jugoslawien. Anz. f. Schädlingsk. **8**, 1932, 29—31; Lizer y Trelles, C., La instalacion de insectarios para la propagacion de enemigos de las plagas agricolas. Jornadas Agronom. 1934. 1935, 339—356; Lundie, A. E., A Biological Study of *Aphelinus mali Hald.*, a Parasite of the Woolly Apple Aphid, *Eriosoma lanigera Hausm.* Cornell Univ. Agric. Exper. Stat., Mem. **79**, 1924; Magarinos Torres, A. F., O *Aphelinus mali Hald.* Chacaras e Quintaes **41**, 1930, 343—345; Malenotti, E., *Prospaltella berlesei* e *Aphelinus mali*. Giorn. Agric. della Domenica **34**, 1924, 226; Gli insetti utili alle piante coltivate, 1926; Istruzioni pratiche per il buon impiego dell'Afelino del melo. R. Osserv. Fitopatol. Verona. Sep. aus: Il Coltivatore 1928, Nr. 10; Marcfal, P., Les ennemis du puceron lanigère, conditions biologiques et cosmiques de sa multiplication, traitements. Ann. Épiph. **15**, 1929, 125—181; Marlatt, C. L., Report of the Chief of the Bureau of Entomology 1933. Washington 1933; Massee, A. M., Notes on Mites and Insect Pests for the Years 1928—1930. 16th—18th Ann. Rpt. East Malling Res. Stat. 1928—1930. pt. 2, 1931, 189—201; Notes on Insect Pests and Mites in 1932. Ebd. **20**, 1933, 109—116; Menzel, R., Beobachtungen über das diesjährige Verhalten des Blutlausparasiten *Aphelinus mali*. Schweiz. Ztschr. Obst- und Weinbau **40**, 1931, 117—119; ferner in: 6. Konferenz betreffend die Krankheiten und Schädlinge der Obstbäume. Ebd. **39**, 1930, 1—69; Meyer, N. F., u. Telenga, N. A., Über biologische Bekämpfung der Blutblattlaus *(Eriosoma lanigerum Hausm.)* durch ihren Parasit—*Aphelinus mali Hald.* in USSR. Plant Protection 1932. Nr. 3, 1933, 17—24; Meyer, R., Die Einführung des Blutlausparasiten *Aphelinus mali Hald.* in Deutschland. Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutzdienst **4**, 1924, 9; Nakayama, S., Versuche über die Einführung, Einbürgerung und Verwendung von *Aphelinus mali Hald.*, Parasit von *Eriosoma lanigerum Hausm.* Journ. Agric. Exper. Stat. Corea **8**, 1936, 136—149; Noble, N. S., The Woolly Aphis Parasite. Agric. Gaz. New South Wales. **46**, 1935, 573—575; Nonell, Comas J., *Aphelinus mali* y su difusión en España. Boll. Pat. Veg. y Entom. Agríc. **6**, 1932, 90—97; Petkoff, P., and Lasaroff, A. W., *Aphelinus mali Hald.* in Bulgaria. Ann. Univ. Sofia, Fac. Agron et For. **15**, 1937, 83—95; Pussard, M. R.,

Chalcidide, die außer in der Blutlaus noch in verschiedenen anderen Blattläusen parasitiert. Mit dem Jahre 1920 haben jedoch erst die Versuche begonnen, den Blutlausparasiten in vielen anderen Obstbaugebieten der Welt — durch Einführung anfänglich aus den Vereinigten Staaten, später zum Teil auch aus Ländern, in denen er bereits eingebürgert wurde — heimisch zu machen, so in Uruguay, Brasilien, Argentinien, Chile, Peru, Ecuador, Neuseeland, Australien, Japan und Korea, Südafrika, Algerien und Marokko, Malta, Spanien, Italien, Frankreich, Schweiz, Österreich, Tschechoslowakei, Jugoslawien, Rumänien, Rußland, Polen, Deutschland, Holland, Belgien und England.[1]) Über den Erfolg dieser Versuche, die zum Teil erst vor wenigen Jahren begonnen wurden, zum Teil noch weiter fortgeführt werden, kann heute noch nicht endgültig geurteilt werden. Ausgezeichnete Erfolge wurden in Neuseeland, wo *A. mali* 1921 durch R. J. Tillyard aus den Vereinigten Staaten eingeführt wurde, erzielt; 3 Jahre nach der Einführung hatte der Parasit bereits große Teile des neuseeländischen Obstbaugebietes praktisch blutlausfrei gemacht, im Jahre 1926

Observation sur l'acclimatation d'*Aphelinus mali Hald.* à Saint-Genis-Laval. Bull. Mens. Soc. Linnéene Lyon (2) **2**, 1933, 12; Regnier, R., État actuel de la question de l'acclimatation de l'*Aphelinus mali*, parasite américain du Puceron lanigère. Troyes 1929; Ripper, W., Die Blutlauswespe in Welschtirol. Neuheiten a. d. Gebiet d. Pflanzenschutzes 1931. 1931, 97—99; Eine neue Methode der Kolonisation der Blutlauszehrwespe. Gartenbauwissenschaft **6**, 1932, 682—690; Rosenberg, H. T., A Study of the Colonisation of *Aphelinus mali Hald.* Trans. Roy. Entom. Soc. London **82**, 1934, 415—420; Sachtleben, H., u. Thiem, H., Die Aussetzung der Blutlauszehrwespe *(Aphelinus mali Hald.)* in Berlin-Dahlem und ihre Verbreitung in der Provinz Brandenburg. Arb. phys. angew. Entom. **4**, 1937, 297—321; Schander, R., u. Kaufmann, O., Einführung des Blutlausparasiten *Aphelinus mali (Hald.)* nach Deutschland. Ztschr. angew. Entom. **11**, 1925, 386—394; Schmarse, H., Biologische Blutlausbekämpfung durch *Aphelinus mali.* Gartenwelt **35**, 1931, 422—424, 478—480; Speyer, W., Die Blutlausschlupfwespe im Niederelbischen Obstbaugebiet. Atländer Ztg., 10. VIII. 1935; Die Förderung des niedersächsischen Obstbaues durch die Forschungsarbeiten der Zweigstelle der Biologischen Reichsanstalt in Stade. Landw. Beilage z. Stader Tageblatt (Obst- und Gartenbau), 3. IX. 1937; Entomologie, p. 149, 151, Dresden u. Leipzig 1937; Tätigkeitsbericht der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Zweigstelle Stade. 1. IV. 1936—31. III. 1937. Beilage z. Altländer Ztg. „Altländer Obstbau u. Landwirtschaft", Nr. 49 u. 59. 1937; Sprengel, L., Der Blutlausparasit *Aphelinus mali.* Anz. f. Schädlingsk. **1**, 1925, 76—77; Untersuchungen über den Blutlausparasiten *Aphelinus mali Hald.* Ebd. **4**, 1928, 151—160; Stand der Kenntnisse über die biologische Bekämpfung der Blutlaus *(Erisoma lanigerum Hausm.)* mit *Aphelinus mali Hald.* in Europa. Gartenbauwissenschaft **4**, 1930, 11—37; Über zwei Hyperparasiten von *Aphelinus mali Hald.* Anz. f. Schädlingsk. **7**, 1931, 130; Stellwaag, F., Aus dem Arbeitsgebiet der R. Stazione di Entomologia in Florenz und anderer Stationen für Schädlingsbekämpfung in Oberitalien. Anz. f. Schädlingsk. **3**, 1927, 139—146; Neuere Erfahrungen in der biologischen Bekämpfung schädlicher Insekten. Verh. Dtsch. Ges. angew. Entom. 7. Mitgliedervers. München 1928. 1929, 15—32; Telenga N. A., *Aphelinus mali Hald.* and its Application against *Eriosoma lanigerum* in USSR. Bull. Plant Protection, 1. Ser. Entom., No. 16. 1935; Thompson, W. R., The Development of a Colony of *Aphelinus mali Hald.* Parasitology **26**, 1934, 449—453; Tillyard, R. J., The Insects of Australia and New Zealand. Sydney 1926; Werneck, H. L., Zur Einführung der Blutlausschlupfwespe in Österreich. Wiener landwirtsch. Ztg. **78**, 1928, 256—257; Die Anzucht der Blutlausschlupfwespe *(Aphelinus mali Haldem.)* auf biologischer Grundlage. Gartenbauwissenschaft **5**, 1931, 250—254; Beiträge zur Einführung und Verbreitung der Blutlauszehrwespe in Oberösterreich. Ebd. **5**, 1931, 360—364; Wille, J., El control del pulgón lanigero del manzano mediante su parásito natural, el *Aphelinus mali.* Republ. Minist. Fomento, Boll. Direcc. Agric. y Ganaderia **1**, 1931, 102—106; Inform. Estác. Exper. Agric. Minist. Fomento Nr. 19, 1933, 6—10; 6. Konferenz betreffend die Bekämpfung von Krankheiten und Schädlingen der Schweiz. Ztschr. Obst- u. Gartenbau **39**, 1930, 1—69.

[1]) Übersichtskarte der Einführungen in den verschiedenen Ländern bei Clausen (1936, Fig. 6).

war die Blutlaus in den Hauptobstbaugebieten fast ausgerottet; der Parasit ist in fast allen Teilen Neuseelands so zahlreich, daß eine weitere Verteilung nicht notwendig ist und sich die Zucht auf einen kleinen Stamm beschränken kann für den Fall, daß der Parasit in einem Gebiet infolge völliger Vernichtung der Blutlaus aussterben, diese dann aber von neuem dort eingeschleppt werden sollte. Auch in verschiedenen Teilen Australiens, so in Westaustralien, Victoria, Neu-Südwales und Queensland, wohin der Blutlausparasit aus Neuseeland eingeführt wurde, wie auch in Tasmanien gelang die Einbürgerung mit gutem Erfolg. Sehr gut waren auch die Ergebnisse in einigen südamerikanischen Staaten, so in Uruguay, wo *A. mali* Anfang 1921 aus den Vereinigten Staaten importiert wurde, sich 1925 bereits in allen Teilen des Landes eingebürgert hatte und sich seitdem kein Blutlausbefall mehr zeigte, in Argentinien, wo der Blutlausparasit 1921 aus Uruguay, und in Chile, wo er 1923, ebenfalls aus diesem Lande, eingeführt wurde. Nicht so günstig waren die Ergebnisse in Südafrika, wohin *A. mali* bereits 1920 von A. E. Lundie aus den Vereinigten Staaten gebracht wurde; der Parasit hat sich zwar an vielen Orten gut eingebürgert und sehr schnell ausgebreitet, fehlt aber anderwärts, besonders in den wärmeren Gebieten; ebenso ist seine Wirksamkeit gegen die Blutlaus recht schwankend. In Nordafrika: Algerien und Marokko sind Einbürgerung (1923 aus Frankreich) und Wirkung recht gut, auch in Spanien, wie überhaupt das Mittelmeergebiet geeignet für den Blutlausparasiten zu sein scheint. In Italien wurde er 1921 aus Frankreich und 1922 aus Uruguay durch G. Del Guercio in Florenz eingeführt, 1922 auch von F. Silvestri aus Frankreich in Portici; namentlich durch die Bemühungen von G. Del Guercio, G. Paoli und E. Malenotti, der sich durch Ausarbeitung geeigneter Zuchtmethoden verdient machte, wurde *A. mali* in Italien, besonders in Toskana, Emilia, Venetien, Udine, Verona, der Lombardei, Piemont und Ligurien, weit verbreitet und zu einer den Obstzüchtern geläufigen Bekämpfungsmaßnahme ausgestaltet. In Frankreich wurde *A. mali* durch L. O. Howard eingeführt, der 1920 eine kleine Zahl von Tieren P. Marchal in Paris übergab; nachdem die wenigen Exemplare durch Zucht vermehrt und die ersten Versuche in der Umgebung von Paris durchgeführt worden waren, wurde Material an entomologische Stationen und Interessenten in verschiedenen Departements versandt. Die heutige Ausbreitung in der Umgebung von Paris ist noch nicht genügend, die Blutlauskolonien zum Verschwinden zu bringen; noch weniger günstig sind die Ergebnisse in den nördlicheren Teilen Frankreichs; dagegen wird die Wirksamkeit der Parasiten um so besser, je mehr man sich dem Mittelmeergebiet nähert, wobei allerdings in Betracht zu ziehen ist, daß der Apfelbau um so weniger bedeutungsvoll wird, je wärmer und trockener das Klima ist. Sehr wenig günstig sind bisher die Versuche mit *A. mali* in England verlaufen, die 1923 mit Material aus Frankreich begonnen wurden. Die Zwingerzuchten, die von R. Stenton an der Rothamsted Experiment Station in Harpenden durchgeführt wurden, brachten zwar eine gute Vermehrung des Zuchtmaterials, so daß 1924 an verschiedenen Orten im Freien Aussetzungen möglich waren; nachdem noch weitere Insektarien in die Zuchtarbeiten einbezogen waren, wurden die Aussetzungen fortgesetzt, hatten jedoch nur den Erfolg, daß *A. mali* sich an vereinzelten Plätzen in geringer Zahl hielt, sich nur in der Nachbarschaft ausbreitete und nur unter besonders günstigen Verhältnissen örtlich wirksam gegen die Blutlaus wurde. Als Ursache nimmt J. C. F. Fryer die Unregelmäßigkeit des Blutlausauftretens in England, die Neigung des Parasiten zu zeitig im Frühjahr zu schlüpfen, bevor die Blutläuse zahlreich sind, und das regnerische, trübe und kühle Frühjahrswetter in England an. In Deutschland wurde *A. mali* zu verschiedenen Zeiten und an verschiedenen Orten eingeführt. Die ersten Einbürgerungsversuche wurden von R. Schander, O. Kaufmann und R. Meyer in Landsberg a. W. 1924 mit Material, das aus Uruguay bezogen war, unternommen; sie führten zwar zu einer Ansiedlung des Parasiten, doch ist sein Bestand und seine Wirksamkeit in der Provinz Brandenburg rechts der Oder bislang nur gering geblieben; im Jahre 1936 wurden nochmals in diesem Gebiet aus Naumburg bezogene *A. mali* durch K. Küthe ausgesetzt. In der bayerischen Rheinpfalz wurden 1925 die ersten Aussetzungen mit Parasitenmaterial aus Landsberg von L. Sprengel vorgenommen, die jedoch fehlschlugen und 1926 mit neuem Material aus Italien fortgesetzt wurden, nunmehr gelangen und den Erfolg hatten, daß sich *A. mali* schon in den nächsten Jahren ausbreitete und einen ziemlich hohen Parasitierungsgrad der Blutläuse erzielte. Italienisches Material wurde auch von O. Jancke 1928/29 und 1932/33 bei seinen Aussetzungen in der Provinz Sachsen (Naum-

burg, Weißenfels, Halle a. S.) verwendet; die Ausbreitung ging zwar nur langsam vor sich, doch zeigten die Versuche vor allem, daß *A. mali* sowohl den ungewöhnlich kalten Winter 1928/29 (kältester Tag in Naumburg: — 38° C.) wie auch den Winter 1932/33 (tiefste Temperatur: — 15° C.) im Freien überdauerte. Im niederelbischen Obstbaugebiet um Stade wurden 1934 von W. Speyer aus Italien und Naumburg stammende Parasiten freigelassen, die sich sehr stark vermehrten, räumlich schnell (1934/35 mindestens 20 km selbständige Ausbreitung) verbreiteten und 1934 bereits die in Stade reichlich vorhandenen Blutläuse fast zum Verschwinden brachten. 1936/37 war der Parasit im Kerngebiet des Alten Landes überall häufig und erfolgreich tätig. Allerdings entwickelt sich, wie Speyer 1937 hervorhebt, die Blutlaus im Frühsommer und im Herbst schneller als der Parasit, so daß die zusätzliche Bekämpfung mit chemischen Mitteln, durch Kulturmaßnahmen, Auswahl geeigneter Sorten und Unterlagen auch in Zukunft nicht ganz überflüssig wird. Über die Ausbreitung der von mir 1928 in Berlin-Dahlem ausgesetzten italienischen *A. mali* hat H. Thiem 1937 eingehende Erhebungen durchgeführt, die gezeigt haben, daß sich der Blutlausparasit in westöstlicher und in nordsüdlicher Richtung je rund 100 km weit verbreitet hat. Die selbsttätige Ausbreitung während der verstrichenen 9 Jahre spricht für die leichte Art seiner Verbreitung wie auch für seine Widerstandsfähigkeit gegen die Klimaverhältnisse in der Umgebung Berlins. Nach Ansicht Thiems sind daher auch für die Vermehrung von *A. mali* in Deutschland die ökologischen Bedingungen maßgeblicher als die Gegensätze in der Großwetterlage, z. B. zwischen Brandenburg, dem Rheingau und der Niederelbe. In der engeren und weiteren Umgebung Berlins hat sich der Blutlausparasit vor allem in umfangreichen Obstplantagen und geschützt liegenden Anlagen mit enger Pflanzweite in befriedigender Weise vermehrt. Einen Beweis für die Richtigkeit der Ansicht Thiems bringt das oben bereits mitgeteilte schwache Vorkommen von *A. mali* in der Provinz Brandenburg rechts der Oder, an dem vermutlich neben dem erhöhten kontinentalen Einschlag der Witterung, durch den im Hochsommer eine Brechung der Blutlausvermehrung bewirkt wird, vor allem der Mangel an größeren zusammenhängenden „Obstgehölzen", welche die Vermehrung von Parasit und Wirt günstig beeinflussen, schuld ist. Thiem empfiehlt daher für weitere Einbürgerungsversuche in Deutschland besonders geschützt liegende Anlagen inmitten größerer zusammenhängender Obstbaugebiete oder isoliert liegende größere Gärten; *A. mali* wird nach seiner Ansicht ein wertvoller Helfer im Kampf gegen die Blutlaus in Obstgärten sein, die gegen scharfe Winde und hohe Austrocknung geschützt sind, sowie in solchen Anlagen, die infolge zu enger Pflanzweise den Wind brechen, zumal in solchen Pflanzungen die direkte Bekämpfung schon im Hinblick auf ihre schwierige technische Durchführung zu wünschen übrig läßt. Ähnliche Aussichten wie in Deutschland dürfen wohl auch für die Einbürgerung und Wirksamkeit von *A. mali* in Österreich (Oberösterreich: 1926 durch H. L. Werneck, Linz, Niederösterreich, Vorarlberg, Tirol, Steiermark, Kärnten: 1928 durch Bundesanstalt für Pflanzenschutz in Wien; Burgenland: 1923 durch W. Ripper), Tschechoslowakei (Znaim, Südmähren: 1933 durch Deutschmann), Polen (Warschau: 1928 durch R. Bledowski) und in der Schweiz (Lausanne: 1922 durch H. Faes; Wädenswil: 1928 durch R. Menzel) zu erwarten sein. Gute Ergebnisse wurden in vielen für *A. mali* klimatisch günstigen Gebieten Rußlands erzielt, wo 1925 mit den Aussetzungen begonnen und auch in den folgenden Jahren noch zahlreiches Material (so 1930 durch N. F. Meyer aus den Vereinigten Staaten, England, Deutschland, Frankreich und Italien) eingeführt wurde; der Blutlausparasit konnte in der Krim, in der Ukraine, in Abchasien, im Nordkaukasus, in Grusien, Aserbeidschan, Armenien und Mittelasien mit sehr gutem Erfolg eingebürgert werden; auffallend war das Vorkommen von *A. mali* im Dnjestr-Gebiet, da dort keine Aussetzungen stattgefunden hatten; man vermutet, daß es sich um eine Einwanderung aus Rumänien handelt, wo 1923 Parasitenmaterial aus Frankreich in der Moldau ausgesetzt wurde. Ähnliches „spontanes" Auftreten von *A. mali* ist auch in anderen Ländern beobachtet worden, so im österreichischen Burgenland, in Polen, Jugoslavien, Bulgarien und Peru. Als Erklärung kann man, wie in dem vorgenannten Falle, vermuten, daß eine Einwanderung aus einem nicht allzu weit entfernten Aussetzungsgebiet oder eine Einschleppung, z. B. mit Baumschulerzeugnissen, stattgefunden hat, oder daß in dem betreffenden Gebiet oder in seiner Nähe Aussetzungen von praktischen Obstzüchtern vorgenommen wurden, die nicht zur allgemeinen Kenntnis gelangten. Schließlich besteht auch noch die Möglichkeit, daß die Blutlaus doch nicht ohne

ihren Parasiten seinerzeit aus ihrer Heimat eingeschleppt, sondern von ihm begleitet wurde; es wäre allerdings auffallend — und gegen seine praktische Verwendbarkeit sprechend — wenn sich in diesem Falle der Parasit in der langen Zwischenzeit so wenig ausgebreitet und bemerkbar gemacht hätte; seine nunmehrige Entdeckung könnte ja allerdings dem Umstand zuzuschreiben sein, daß man durch die künstlichen Aussetzungen und durch die Nachprüfung ihrer Erfolge veranlaßt wurde, auf Blutlausparasitierung zu achten. Für den Versand und das Aussetzen von *A. mali* wurde in Europa in den letzten Jahren in der Regel die von Malenotti (1926) beschriebene italienische Methode angewendet, bei der mit aphelinisierten Blutläusen besetzte Apfelzweige in besonderen Schachteln zum Versand kommen, deren Unterteil nach Abnahme des Deckels und Abreißen des über den Unterteil geklebten Gazestreifens in den Aussetzungsbaum gehängt wird. Eine andere Methode, die in der Aussetzung der Parasitenimagines besteht und besonders für regenreichere Gebiete empfohlen wird, wurde neuerdings von Ripper angewendet. Über die Wirkung von Blutlausbekämpfungsmitteln auf *A. mali* wurden in den letzten Jahren verschiedentlich (Greenslade, Noble, Jancke) Versuche durchgeführt. Die Versuche Janckes haben zwar ergeben, daß die Winterbehandlung der Apfelbäume mit Karbolineen in den üblichen Konzentrationen den Parasitenbestand so vermindert, daß im nächsten Frühjahr neue Ansiedlungen nötig sind; andererseits haben aber die Versuche der drei Verfasser auch gezeigt, daß es möglich st, durch Wahl anderer Bekämpfungsmittel auf *A. mali* Rücksicht zu nehmen.

Die Fiji-Inseln haben neben einigen anderen Parasiteneinführungen[1]) drei große Erfolge der biologischen Methode zu verzeichnen: Die Bekämpfung der drei Kokospalmenschädlinge *Levuana irridescens Beth.-Bak.*, *Aspidiotus destructor Sign.* und *Promecotheca reichei Baly.*

Die zur Lepidopterenfamilie *Zygaenidae* gehörende „coconut moth", *Levuana irridescens* Beth.-Bak.[2]), wurde zuerst 1877 auf der Fiji-Insel Viti Levu beobachtet; sie blieb lange Jahre auf diese Insel beschränkt, auf der durch den Blattfraß der Raupen die Kokospalmen so beeinträchtigt wurden, daß sie allmählich hinter anderen Kulturpflanzen zurücktraten; als sie jedoch begann, sich auch auf die Insel Ovalau und andere benachbarte Inseln auszubreiten, deren Wohlstand noch völlig von dem Gedeihen der Kokospalme abhing, und sich infolge der reichen zur Verfügung stehenden Nahrung zu einem Großschädling entwickelte, der durch wiederholte Entblätterung der Kokospalmen die Kopragewinnung unterband, wurde ihre Bekämpfung dringend notwendig, um so dringender als auch die beiden anderen Hauptprodukte der Fiji-Inseln, das Zuckerrohr (durch Arbeiterstreik) und die Banane (durch Einfuhrverbot Australiens) verminderten Absatz hatten. Neben anderen Maßnahmen (Einschlag von Kokospalmen, um eine Barriere gegen das Vordringen des Schädlings zu schaffen; Versuche mit chemischen Mitteln) wurde die biologische Bekämpfungsmethode besonders ins Auge gefaßt. Die eigentümliche Verbreitung von *L. irridescens*, die für viele Jahre auf Viti Levu und einige wenige kleine Nachbarinseln beschränkt war, und das Fehlen von Parasiten machte es wahrscheinlich, daß die „coconut moth" eingeschleppt war. 1923 unternahm daher der Regierungsentomologe H. W. Simmonds eine Reise nach den Neuen Hebriden, dem Bismarck-Archipel, den Salomonen und Neu-Guinea, um nach der Heimat von *L. irridescens* zu suchen und dort etwaige Parasiten aufzufinden. Die Reise verlief jedoch ebenso ergebnislos wie die im Jahre 1924 von A. M. Lea nach der Malaiischen Halbinsel, Borneo und Java unternommene; Leas Reise brachte jedoch insofern ein Ergebnis, als es ihm gelang, auf der Malaiischen Halbinsel und auf Java mit Hilfe der dortigen Entomologen Massenauftreten der nahe mit *L. irridescens* verwandten Zygaenide *Artona catoxantha Hamps.* zu entdecken und mehrere Parasiten dieser seit 1892 als Kokospalmenschädling aus dem Indo-Malaiischen Gebiet bekannten Art in großer Zahl zu sammeln, deren Einführung auf den Fiji-Inseln jedoch infolge des langen Transportes, während dessen alle Tiere eingingen, mißlang. Als im Jahre 1925 die Bekämpfung der „coconut moth" in größerem

[1]) Jack, H. W., Summary known of Entomological Work in Fiji. Agric. Journ. Fiji **8**, 1935, 18—22.

[2]) Tothill, J. D., Taylor, T. H. C., and Paine, R. W., The Coconut Moth in Fiji. London 1930.

Umfange durch das im Jahre 1924 gegründete „Levuana Committee", von dem drei Entomologen (J. D. Tothill, T. H. C. Taylor und R. W. Paine) angestellt wurden, fortgeführt wurde, wurde beschlossen, nochmals einen Versuch zu machen, Parasiten von *Artona catoxantha Hamps.*, und zwar besonders die beiden Arten *Ptychomyia remota Ald. (Tachinidae)* und *Apanteles artonae Rohw. (Braconidae)*, die nach den Beobachtungen der Entomologen auf Java und in den Federated Malay States die wirksamsten Feinde von *A. catoxantha* waren, nach den Fiji-Inseln zu bringen. Es gelang, ein beschränktes Massenauftreten von *A. catoxantha* in Batu Gajah, F. M. St., aufzufinden, bei dem sowohl die Tachine wie die Braconide als Parasiten auftraten. Simmonds und Taylor sammelten die größtmögliche Zahl parasitierter *Artona*-Raupen, die, in eigens hergestellten Transportkäfigen mit eingetopften Kokospalmensprößlingen als Nahrung, von Taylor Anfang August 1925 nach Suva, der Hauptstadt der Fiji-Inseln, gebracht wurden, wo in der Zwischenzeit ein Insektarium errichtet worden war. In diesem Insektarium, dessen Käfige mit Raupen von *L. irridescens* besetzt waren, wurden gleich nach der Ankunft, am 3. August, 315 *Pt. remota*, die inzwischen geschlüpft waren, ausgesetzt; sie belegten sofort die *Levuana*-Raupen mit Eiern. (Im Gegensatz hierzu mißlang der Transport von *A. artonae;* nach der Ankunft in Suva stellte sich heraus, daß alle *A. artonae* in der Zwischenzeit geschlüpft und, da sie keine *Artona*-Raupen in dem für die Parasitierung geeigneten Stadium gefunden hatten, ohne Eier abzulegen zugrunde gegangen waren.) Am Abend des 4. August fanden sich bereits 263 parasitierte *Levuana*-Raupen, deren Zahl Ende der Woche schon auf 868 gestiegen war. Da die Eiablage der Tachinen in der Gefangenschaft ohne jede Schwierigkeit vor sich ging und *Levuana*-Raupen reichlich vorhanden waren, waren nach Ablauf von 5 Monaten bereits 15212 Tachinen gezogen und im größten Teil der von *L. irridescens* befallenen Gebiete ausgesetzt worden; die Zucht und Aussetzung wurde bis zum 20. Januar 1926, also weniger als 6 Monate nach Eintreffen der Parasiten in Suva, fortgesetzt und im ganzen 32621 Fliegen an 38 Stellen im *Levuana*-Befallsgebiet verteilt. Nachdem die ersten parasitierten *Levuana*-Raupen am 1. Oktober 1925 in der Nähe des Insektariums gefunden worden waren, breitete sich *Pt. remota* außerordentlich schnell über das Schadgebiet von *L. irridescens* aus; die Gründe hierfür waren: die große Flugfähigkeit von *Pt. remota*, die sich überschneidenden Generationen und die große Individuenzahl von *L. irridescens* sowie das Fehlen von Hyperparasiten. Bereits 6 Monate nach Einführung der Tachinen waren viele Schädlingsherde völlig verschwunden; *L. irridescens* war sogar auf einem Teil der isoliert in den Eingeborenengärten stehenden Kokospalmen verschwunden. Als im Jahre 1929 der umfangreiche Bericht von Tothill, Taylor und Paine veröffentlicht wurde, war seit 3 Jahren kein Massenauftreten von *L. irridescens* mehr beobachtet worden; die „coconut moth" war äußerst selten geworden und fand sich nur noch auf einigen kleineren Inseln, wie Makuluvu, und im Rewa-Delta, wo die für den *Ptychonayia*-Bestand notwendigen Zwischenwirte *(Plutella cruciferarum Zell.* und *Eublemma sp.)* fehlen. Die Einführung der Tachine hat so die Kopraindustrie der Fiji-Inseln gerettet, die nun nicht nur auf den früher Kopra erzeugenden Inseln in vollem Umfange wieder aufgenommen wurde, sondern auch auf Viti Levu, wo der Kokospalmenbau infolge der jahrzehntelangen Schäden durch *L. irridescens* ganz in den Hintergrund getreten war.

Die Kokospalmenschildlaus, *Aspidiotus destructor Sign.*[1]), wurde wahrscheinlich um das das Jahr 1905 auf den Fiji-Inseln eingeschleppt; 1912 wurde sie als Bananen-, 1916 als Kokospalmenschädling festgestellt. Von den 22 Wirtspflanzen auf den Fiji-Inseln wurden außer der Kokospalme am meisten Banane, *Piper methysticum* und *Persea gratissima* („avocado") geschädigt. Obgleich die Schäden an Kokospalmen nicht so ausgedehnt und schwer waren, wie die von *L. irridescens*, machte doch der örtlich starke Schildlausbefall, der zur völligen Entlaubung von Kokospalmen führte, eine Bekämpfung notwendig, für welche die biologische Methode gewählt wurde, da mechanische Maßnahmen und chemische Mittel aus wirtschaftlichen Gründen nicht in Frage kamen. Bereits 1920 wurden von Simmonds 2 Parasiten, die beiden Chalcididen *Aphelinus chrysomphali Merc.* und *Aspidiotiphagus citrinus Craw.* aus Tahiti eingeführt; obwohl sich die erstgenannte Art weit verbreitete, war ihre Wirksam-

[1]) Taylor, T. H. C. (and Paine, R. W.), The Campaign against *Aspidiotus destructor, Sign.*, in Fiji. Bull. Entom. Res. **26**, 1935, 1—102.

keit doch nicht groß; der durchschnittliche Parasitierungsgrad war niedriger als 5%, das Maximum 20%; noch geringer war die Bedeutung der zweiten Art, obwohl auch sie sich gut ausbreitete. Im Jahre 1926 begab sich daher T. H. C. Taylor nach Java, um dort nach geeigneten Parasiten und Feinden zu suchen; 6 der hierbei gefundenen Arten: die Chalcididen *Aphelinus chrysomphali Merc.*, *Comperiella unifasciata Ishii*, *Spaniopterus crucifer Gah.*, *Casca peripennis Gah.*, die Coccinellide *Scymnus sp.* und die Thysanoptere *Aleurodothrips fasciapennis Frankl.* wurden nach den Fiji-Inseln gebracht und ausgesetzt. Da es sich aber im Laufe des Jahres 1927 zeigte, daß diese Parasiten und Feinde nicht in der Lage waren, *A. destructor* wirksam zu bekämpfen, reiste Taylor nach Trinidad, um dort nach den verschiedenen weiteren Coccinelliden-Arten, die bereits von Urich als wirksame Feinde von *A. destructor* genannt worden waren, Umschau zu halten. Das Ergebnis dieser Reise war die Einführung von 5 Coccinelliden: *Cryptognatha nodiceps Mshl.*, *C. simillima Sic.*, *Azya trinitatis Mshl.*, *Pentilia insidiosa Muls.* und *Scymnus aeneipennis Sic.* Von diesen 5 Arten war *C. nodiceps* die wertvollste; ihre Einführung brachte vollen Erfolg; bereits 9 Monate, nachdem die Sendung in Fiji eingetroffen war, war die Schildlaus auf allen wichtigeren Inseln von der Coccinellide sehr stark vermindert, und abermals 9 Monate später (im September 1929) auf allen Inseln so weitgehend vertilgt, daß auf vielen, auf denen sie früher zahlreich vorkam, kaum noch lebende Tiere gefunden werden konnten. Von 1928 bis 1934 (Taylors Bericht wurde 1935 veröffentlicht) wurde auf keiner der Inseln mehr ein Schadauftreten beobachtet. Die Ursachen des vollen Erfolges, den die Einführung von *C. nodiceps* brachte, waren die folgenden: Die Coccinellide pflanzt sich während des ganzen Jahres fort; sie hat keine Feinde auf den Fiji-Inseln; sie frißt während des ganzen Jahres, mit Ausnahme der Eiablagezeit, und zwar, wenn *A. destructor* zahlreich ist, ausschließlich diese Schildlausart; die Imago ist sehr langlebig; ihre Vermehrungsziffer ist sehr hoch; sie hat eine bemerkenswerte Ausbreitungsfähigkeit; sie kann sich auch bei seltenem Vorkommen von *A. destructor* halten, da sie auf den Fiji-Inseln in einer anderen Coccide *Diaspis pentagona Targ.*, die dort kein ernster Schädling ist, eine weitere Nahrungsquelle gefunden hat.

Der „coconut leafmining beetle"[1], *Promecotheca reichei Baly (Chrysomelidae, Hispinae)* ist auf den Fiji-Inseln (auch auf Samoa und den Tonga-Inseln) einheimisch und wird sowohl als Larve wie als Käfer durch Blattfraß (und zwar im Gegensatz zu *Levuana irridescens Beth.-Bak.* als Blattminierer) an der Kokospalme schädlich. Unter normalen Verhältnissen überschneiden sich die Generationen des Käfers, so daß die verschiedenen Entwicklungsstadien nebeneinander vorkommen; ein genügendes Gleichgewicht wurde durch einheimische Parasiten aufrechterhalten, bis es in neuerer Zeit auf verschiedenen Fiji-Inseln durch die Milbe *Pediculoides ventricosus Newp.* gestört wurde, die zuerst 1912 beobachtet, wahrscheinlich aber bereits längere Zeit vorher eingeschleppt wurde. Diese Milbe befällt die Larven, Puppen und frisch geschlüpften Käfer von *Pr. reichei*, vermehrt sich sehr schnell und vernichtet periodisch alle Larven und Puppen in einem Befallsgebiet; danach nimmt ihre Zahl ab und steigt wieder mit der des Wirtes. Die Wirkung der Parasitierung durch die Milbe ist, daß sich die Entwicklungsstadien von *Pr. reichei* nicht mehr überschneiden, daß der Käfer nicht mehr durch die einheimischen Parasiten, die sich den veränderten Verhältnissen nicht anpassen konnten, in Schach gehalten und nun zum Schädling wurde. Es war daher notwendig, einen Parasiten einzuführen, der bei Anwesenheit der Milbe wirksam ist. Auf der Suche nach einem solchen Parasiten begann R. W. Paine 1930 auf Java Untersuchungen über die Schmarotzer einer nahe mit *Pr. reichei* verwandten Hispine: *Promecothea nuciferae Maul.*, in deren Verlauf er 4 Primär- und 2 Sekundärparasiten dieser Art entdeckte. Die 1931 und 1932 auf Java von T. H. C. Taylor weitergeführten Forschungen zeigten, daß von diesen 4 Primärparasiten nicht der häufigste, sondern gerade der seltenste am besten den Forderungen entsprechen würde, die an einen wirksamen Parasiten von *Pr. reichei* gestellt werden mußten. Taylor beschloß daher, vor einer Fortsetzung der Untersuchungen den Versuch zu machen, diese Art, die Chalcidide *Pleurotropis parvulus Ferr.* nach Fiji einzuführen. Im April 1933 wurden große mit Kokospalmenkeimpflanzen besetzte Zuchtkäfige, die reichlich Material von *Pr. nuciferae* in allen Stadien enthielten, von Batavia aus verschifft. Vor der Ankunft in Noumea, Neukaledonien, wurden alle Zuchtkästen leer gemacht, die Erde und

[1]) Taylor, T. H. C., The Biological Control of an Insect in Fiji. London 1937.

alle Palmen sowie die Blechbehälter, in die sie gepflanzt waren, über Bord geworfen, um die Einschleppung unerwünschter Schädlinge zu vermeiden. Die Sendung, die Mitte Mai 1933 Fiji erreichte, bestand nur aus Imagines des Parasiten und aus parasitierten Puppen und Käfern von *Pr. nuciferae*, die in Glasgefäßen aufbewahrt wurden. Die Parasiten, die sogleich auf eine der am stärksten von *Pr. reichei* befallenen Inseln, Vanua Balavu, gebracht wurden, wurden dort bis November weiter gezogen; die ersten Aussetzungen wurden Ende Mai 1933 und die letzten Ende April 1934 vorgenommen; bereits im November 1933 war der Parasit im Freien so zahlreich, daß die Zucht verlangsamt werden konnte; vom 26. Mai 1933 bis 30. April 1934 wurden auf 14 Inseln 48 Kolonien mit insgesamt 25900 Exemplaren von *Pl. parvulus* ausgesetzt. Der Erfolg der Einführung und Verbreitung von *Pleurotropis parvulus Ferr.* war vollkommen: die zur Zeit seiner Einbürgerung herrschenden Kalamitäten auf den Inseln wurden praktisch unterdrückt. Wie aber Taylor (1937) in seinem zahlreiche grundlegende Fragen der biologischen Bekämpfungsmethode streifenden Buch mit Recht hervorhebt, hängt der Erfolg mit einem Parasiten nicht nur davon ab, daß er imstande ist, bestehende Kalamitäten zu unterdrücken, sondern auch davon, daß er in der Lage ist, ständig die Schädlingspopulation unterhalb des Bestandes zu halten, bei dem sie zum Schädling wird, und zwar entweder auf einem ständig sehr niedrigen Bestand oder durch Unterdrückung bereits des beginnenden Massenauftretens. Wenn ein eingeführter Parasit im neuen Land gedeiht, solange sein Wirt zahlreich ist, so folgt hieraus noch nicht, daß er auch überlebt, wenn sein Wirt selten ist oder fehlt, oder selbst wenn er überlebt, daß er fähig ist, sich stark zu vermehren, bis sein Wirt selbst so zahlreich wird, daß ein Schadauftreten erfolgt. *Pl. parvulus* muß daher nun noch zeigen, daß er auch fähig ist, zukünftigem Massenauftreten vorzubeugen. Die Aussichten hierfür sind günstig: Es gibt wenige Parasiten, die, wie *Pl. parvulus*, in der Lage sind, ausgedehnte Kalamitäten völlig zu unterdrücken. Ein Parasit, der nur 1 Ei an oder in jedes Wirtsindividuum legt und daher niemals an Zahl die Wirtsindividuen, die er tötet, übertreffen kann, kann viel weniger zahlreich genug werden, um alle Wirtsindividuen zu gleicher Zeit zu finden und zu vernichten, als ein Parasit, der, wie *Pl. parvulus*, mehrere bis viele Eier (je nach dem Stadium der Wirtslarve 1—56 Eier) in jedes Wirtsindividuum legt. Auf Nabavetu wurde festgestellt, daß *Pl. parvulus* so außerordentlich zahlreich wurde, daß in jedem zusammenhängenden und gleichförmigen Kokosnußgebiet, keine Larve oder Puppe von *Pr. reichei*, gleichviel wo sie sich am Baum befand, der Entdeckung durch den Parasiten entging. In solchen Gebieten ist daher die vollkommene und plötzliche Vernichtung von *Pr. reichei* möglich und als Folge auch das völlige Aussterben des Parasiten. Die Untersuchungen Taylors haben nun ergeben, daß auf kleinen flachen, isolierten Inseln, die gleichförmig mit Kokospalmen von nahezu gleicher Höhe bestanden sind, in der Tat die völlige Vertilgung des Schädlings und das Aussterben des Nützlings möglich ist und eintreten wird, jedoch auch nur dann, wenn die Einführung des Parasiten zur Zeit eines Massenauftretens des Schädlings stattfindet und sich dieser gleichzeitig nur in einem Entwicklungsstadium befindet. Auf den größeren Inseln erscheint dagegen die völlige Vernichtung des Schädlings nicht möglich, da der Parasit nicht allerorts zu gleicher Zeit 100% Parasitierung bewirken kann und da dieser Parasitierungsgrad auf Bäumen, die durch geringere Größe oder durch besonderen Stand von dem übrigen gleichförmigen Bestand abweichen, geringer ist. Schädling und Parasit werden daher überall weiter bestehen, mit Ausnahme bestimmter kleiner Inseln. Das Zahlenverhältnis zwischen Schädling und Parasiten wird wieder ähnlich dem normalen werden, das früher vor Einschleppung von *Pediculoides ventricosus* bestand, d. h. *Pr. reichei* hat aufgehört, ein Schädling zu sein. Als weiterer günstiger Umstand kommt hinzu, daß *Pleurotropis parvulus* als Nebenwirt auf mehreren Fiji-Inseln *Promecotheca bicolor Maul.* gefunden hat, eine Hispine, die auf *Flagellaria*-Arten in Forsten lebt. Vor der Einführung von *Pl. parvulus* aus Java wurde angenommen, daß der Parasit infolge der endoparasitischen Lebensweise seiner Larve den natürlichen Feinden der einheimischen Parasiten in Fiji, insbesondere der Milbe *Pediculoides ventricosus*, gegenüber immun sein würde. Dies erwies sich jedoch in der Folge nicht als zutreffend; sobald *Pl. parvulus* sich auf den Fiji-Inseln ausbreitete, wurde er außer von drei einheimischen Hyperparasiten, die ihm jedoch keinen erheblichen Abbruch taten, auch von der Milbe befallen, und zwar um so stärker, je zahlreicher er wurde; so wurde im August 1933 auf Nabavalu die Vernichtung von *Pl. parvulus* durch *P. ventricosus* auf vielen Bäumen auf

80% geschätzt. Es war jedoch offenbar, daß dieser hohe Prozentsatz der vernichteten Individuen von *Pl. parvulus* ohne Bedeutung war, so lange er nicht den Prozentsatz der vernichteten Individuen von *Pr. reichei* überstieg; selbst wenn er 80% war, aber noch niedriger als der Prozentsatz von *Pr. reichei*, mußte die Milbe sogar noch als nützlich angesehen werden. Die eingehenden Untersuchungen über diese Frage ergaben denn auch, daß durch *P. ventricosus* sowohl der Schädling als auch der Parasit außerordentlich an Zahl verringert wurden, daß aber in dem Restbestand die Zahl des Parasiten, ausgedrückt als Proportion zur Zahl des Schädlings, noch um ein weniges höher war, als wenn *P. ventricosus* nicht aufgetreten wäre.

Die größten Erfolge der biologischen Bekämpfungsmethode wurden auf Hawaii[1]) erzielt. Die Schadinsekten der Kulturpflanzen Hawaiis sind fast aus-

[1]) Back, E. A., and Pemberton, C. E., Life History of the Mediterranean Fruit Fly from the Standpoint of Parasite Introduction. Journ. Agric. Res. **3**, 1915, 363—374; Parasitism among the Larvae of the Mediterranean Fruit-Fly *(C. capitata)* in Hawaii during 1915. Journ. Econ. Entom. **9**, 1916, 306—311; The Melon Fly in Hawaii. U. S. Dept. Agric., Bull. **491**, Professional Paper, 1917; The Mediterranean Fruit-Fly in Hawaii. U. S. Dept. Agric., Bull. **536**, Professional Paper, 1918; Fullaway, D. T., Report of the Entomologist covering the Period from January 1, 1929, to December 31, 1929. Hawaii. For. Agric. **27**, 1930, 45—50; Division of Entomology. Ebd. **30**, 1933, 55—59; Illingworth, J. F., Preliminary Notes of Pests of Agricultural Crops of Kona, March 15, 1928. Proc. Hawaii. Entom. Soc. **12**, 1929, 248—254; Imms, A. D., The Biological Control of Insect Pests and Injurious Plants in the Hawaiian Islands. Ann. Appl. Biol. **13**, 1926, 402—423; Recent Advances in Entomology, 1937; Kirkaldy, G. W., Leaf-Hoppers and their Natural Enemies. (Part IX. Leaf-Hoppers — Hemiptera.) Hawaii. Sugar Planters' Assoc., Div. Entom., Bull. **1**, Part 9, 1906; Morstatt, Die Erfolge der biologischen Bekämpfung in Hawaii. Anz. f. Schädlingsk. **3**, 1927, 46—47; Muir, F., Notes on some Fijian Insects. Exper. Stat. Hawaii. Sugar Planters' Assoc., Div. Entom., Bull. **2**, 1906; Report on Investigations in South China. Exper. Stat. Hawaii, Sugar Plants Ass., Div. Entom., Circ. **1**, 1907, 1—11; Notes on the Sugar-Cane Hoppers and Borers in the Malay States and Java. Ebd. Circ. **2**, 1907, 1—13; Entomological Work in Borneo. Ebd. Circ. **4**, 1908, 1—12; Report on the Search for the Sugar Cane Borer in the Malay Archipelago. Ebd. Circ. **6**, 1908, 1—9; Report on Travels in Borneo in Search of Cane Borer Parasites. Hawaii. Plant. Monthly **27**, 1908, 50—57; Report on the Sugar Cane Borer in the Moluccas. Ebd. **28**, 1909, 363—371; Concluding Report on Travels in the Malay Archipelago in Search of Parasites for the Cane Borer. Hawaii. Plant. Record **1**, 1909, 256—261; Report on Second Trip to British New Guinea to Obtain a Tachinid Fly parasitic on the Sugar Cane Beetle Borer. Ebd. **3**, 1910, 186—200; The Introduction of *Scolia manilae Ashm.* into the Hawaiian Islands. Ann. Entom. Soc. America **10**, 1917, 207—210; The Progress of *Scolia manilae Ashm.* in Hawaii. Ebd. **12**, 1919, 171; Report of Entomological Work in Australia, 1919—1920. Hawaii. Plant. Record **23**, 1920, 125—130; The Sugar Cane Leafhopper and its Parasites in Hawaii. Ebd. **25**, 1921, 108—123; Muir, F., and Swezey, O. H., The Cane Borer Beetle in Hawaii. Exper. Stat. Hawaii. Sugar Plant. Assoc., Entom. Ser., Bull. **13**, 1916; Pemberton, C. E., A Study of the Cane Borer, *Rh. obscura* and its Parasite, *C. sphenophori* at Paauhau Sugar Plantation Company. Hawaii. Plant. Record **29**, 1925, 174—185; Notes on the Biology of *Telenomus nawai Ashm.*, an important Parasite of the Army Worm *Spodoptera mauritia (Boisd.)*. Hawaii. Plant. Record **37**, 1933, 168—174; Introduction to Hawaii of Malayan Parasites *(Scelionidae)* of the Cane Grasshopper *Oxya chinensis (Thun.)* with Life History Notes. Proc. Hawaii. Entom. Soc. **8**, 1933, 253—264; Introduction to Hawaii and Habits of Egg Parasite of Chinese Grasshopper. Hawaii. Plant. Record **37**, 1933, 7—9; Entomology. Ann. Rpt. Comm. Exper. Stat. Hawaii. Sugar Plant. Assoc. 1932. 1933, 18—22; 1934. 1935, 19—26; Pemberton, C. E., and Willard, H. F., Fruit-Fly Parasitism in Hawaii during 1916. Journ. Agric. Res. **12**, 1918, 103—108; Interrelations of Fruit-Fly Parasites in Hawaii. Ebd. **12**, 1918, 285—295; Work and Parasitism of the Mediterranean Fruit-Fly in Hawaii during 1917. Ebd. **14**, 1918, 605—610; A Contribution to the Biology of Fruit-Fly Parasites

nahmslos eingeschleppte Arten, die sich auf den Inseln frei von den natürlichen Feinden, die sie in ihrem Heimatland vermindern, einbürgerten. Das erste nützliche Insekt, das auf Hawaii zur biologischen Bekämpfung eingeführt wurde, war

---

in Hawaii. Ebd. **15**, 1918, 419—465; Perkins, R. C. L., The Introduction of Beneficial Insects into the Hawaiian Islands. Nature No. 1430, vol. 55, 1897, 499—500; Leaf-Hoppers and their Natural Enemies. Exper. Stat. Hawaii.Sugar Plant. Assoc., Div. Entom., Bull. **1**, Introduction, 1906, Bull. **1**, Part 1—4, 6, 1905, Part 8 and 10, 1906; Parasites of Insects attacking Sugar Cane. Ebd. Bull. **10**, 1912; Introduction. Fauna Hawaiiensis **1**, Cambridge, 1913, XV—CCXXVIII; The Early Work of Albert Koebele in Hawaii. Hawaii. Plant. Record **29**, 1925, 359—363; Rohwer, S. A., and Williams, F. X., Philippine Wasp Studies. Exper. Stat. Hawaii. Sugar Plant. Assoc., Entom. Ser., Bull. **14**, 1919; Sakimura, K., Life History of *Thrips tabaci L.* on *Emilia sagittata* and its Host Range in Hawaii. Journ. Econ. Entom. **25**, 1932, 884—891; Silvestri, F., Viaggio in Africa per cercare parassiti di mosche dei frutti. Boll. Lab. Zool. Gen. e Agrar. R. Scuola Sup. Agric. Portici **8**, 1914, 1—164; Report of an Expedition to Africa in Search of the Natural Enemies of Fruit-Flies *(Trypaneidae)*. Board Agric. and Forestry Hawaii, Div. Entom., Bull. **3**, 1914; Swezey, O., Leafhoppers and their Natural Enemies (Pt. VII. *Orthoptera, Coleoptera, Hemiptera*). Exper. Stat. Hawaii. Sugar Plant. Assoc., Div. Entom., Bull. **1**, 1905, Part 7; Armyworms and Cutworms on Sugar Cane in the Hawaiian Islands. Exper. Stat., Hawaii. Sugar Plant. Assoc., Entom. Ser., Bull. **7**, 1909; Some Results of the Introduction of Beneficial Insects in the Hawaiian Islands. Journ. Econ. Entom. **8**, 1915, 450—456; *Scolia manilae*, a successfully introduced Parasite for the Anomala Grub. Hawaii. Plant. Record **17**, 1917, 50—55; Notes on the Chinese Dryinid Parasite of the Sugar Cane Leafhopper. Hawaii. Plant. Record **20**, 1919, 239—242; Records of Introduction of Beneficial Insects into the Hawaiian Islands. Proc. Hawaii. Entom. Soc. **5**, 1923, 299—304; The Mexican Army Worm Parasite *(Euplectrus platyhypenae)*. Hawaii. Plant. Record **28**, 1924, 318—320; Biographical Scetch of the Work of Albert Koebele in Hawaii. Hawaii. Plant. Record **29**, 1925, 364—368; Records of Introduction of Beneficial Insects into the Hawaiian Islands. Hawaii. Plant. Record, **29** 1925, 369—378; Recent Introductions of Beneficial Insects in Hawaii. Journ. Econ. Entom. **19**, 1926, 714—720; Notes on the Mexican Tachinid, *Archytas cirphis Curran*, introduced into Hawaii as an Armyworm Parasite. Proc. Hawaii. Entom. Soc. **6**, 1927, 499—503; Present Status of Certain Insect Pests under Biological Control in Hawaii. Journ. Econ. Entom. **21**, 1928, 669—676; Present Status of Certain Insect Pests under Biological Control in Hawaii. Journ. Econ. Entom. **21**, 1928, 669—676 & IV. Internat. Congress Entom. Ithaca, Proc. **1**, 1930, 366—371; Records of immigrant and recently introduced Insects on Kauai. Proc. Hawaii. Entom Soc. **7**, 1929, 271—273; Notes on the Egg-parasites of Insects in Hawaii. Proc. Hawaii. Entom. Soc. **7**, 1929, 282—292; Entomology. Rpt. Comm. Exper. Stat. Hawai. Sugar Plant. Assoc. 1927—1928. 1929, 15—25; 1928—1929. 1930, 16—25; 1929—1930. 1931, 23—30; 1930—1931. 1932, 19—32; Summary of Insect Conditions in Hawaii for 1931. U. S. Dept. Agric., Bur. Entom., Insect Pest Surv. Bull. **11**, 1931, 680—681; . . . for 1932. Ebd. Bull. **12**, 1933, 429—431; Some Recent Parasite Introductions in Hawaii. Journ. Econ. Entom. **24**, 1931, 945—947; Biological Control of the Sugar Cane Leafhopper in Hawaii. Exper. Stat. Hawaii. Sugar Plant. Assoc., Entom. Ser., Bull. **21**, 1936; Swezey, O. H., and Williams, F. X., The Work of Dr. Frederick A. G. Muir in the Biological Control of Sugar Cane Insects in Hawaii. Hawaii. Plant. Record **35**, 1931, 205—215; Terry, F. W., Leaf-Hoppers and their Natural Enemies. (Part IV. *Forficulidae, Syrphidae, Hemerobiidae.*) Hawaii. Sugar Plant. Assoc., Div. Entom., Bull. **1**, Pt. 5, 1905; Timberlake, P. H., Records of the introduced and immigrant Chalcid-flies of the Hawaiian Islands. Proc. Hawaii. Entom. Soc. **5**, 1924, 418—449; Biological Control of Insects Pests in the Hawaiian Islands. Ebd. **6**, 1927, 529—556; Van Zwaluwenburg, R. H., A new Species of *Pyrophorus (Coleoptera, Elateridae)* from Guatemala, recently introduced into Hawaii. Proc. Hawaii. Entom. Soc. **9**, 1936, 231—234; Willard, H. F., Work and Parasitism of the Mediterranean Fruit-Fly in Hawaii during 1919 and 1920. Journ. Agric. Res. **25**, 1923, 1—7; Some Observations

Rodolia cardinalis Muls. Wie oben berichtet, sandte A. Koebele 1890 den Marienkäfer aus Kalifornien zur Bekämpfung von *Icerya purchasi Mask.* nach Honolulu; seine Einführung brachte auch hier den vollen Erfolg: die Schildlaus verlor für lange Zeit ihre Bedeutung als Schädling, findet sich nur noch in kleinen Kolonien und wird nur noch in seltenen Fällen an einzelnen Pflanzen schädlich. Seit dieser Zeit sind zahlreiche nützliche Insekten, zum Teil mit großem Erfolg, aus allen Weltteilen nach Hawaii unter Beteiligung der verschiedenen auf Hawaii bestehenden Institute eingeführt worden. 1893 wurde A. Koebele für diese Zwecke als Entomologe angestellt; bis zum Jahre 1904 wurden mehrere Coccinelliden und Parasiten von Cocciden mit Erfolg eingeführt. Im Jahre 1904 begann die „Experiment Station" der „Hawaiian Sugar Planters' Association" mit der Einbürgerung der Parasiten des „sugar cane leafhopper" und hat ihre Tätigkeit bis heute fortgesetzt; teilgenommen an diesen Arbeiten haben der „Territorial Board of Agriculture and Forestry", die „United States Experiment Station" und das Laboratorium des „U. S. Bureau of Entomology" in Honolulu; von den beteiligten Entomologen sind außer A. Koebele besonders D. T. Fullaway, F. Muir, C. E. Pemberton, R. C. L. Perkins, O. H. Swezey und F. X. Williams zu nennen; zusammenfassende Darstellungen sind von Imms (1926, 1931), Muir (in: Williams, 1931), Swezey (1928, 1930, in: Williams, 1931) und Williams (1931) gegeben worden. Einige der wichtigsten Erfolge werden im folgenden geschildert:

Der von Australien um 1897 eingeschleppte „sugar cane leafhopper", *Perkinsiella saccharicida Kirk.* (Fam. *Delphacidae*), hatte sich bis zum Jahre 1902 außerordentlich vermehrt und ausgebreitet, so daß aus allen Zuckerrohrgebieten der Inseln alarmierende Nachrichten kamen; 1904 wurde der Schaden bereits auf 3000000 $ geschätzt, so daß der Zuckerindustrie der Ruin drohte. Veranlaßt durch die guten Erfolge bei der Bekämpfung von *Icerya purchasi*, wurden Versuche, die biologische Bekämpfungsmethode gegen den Zuckerrohrschädling zur Anwendung zu bringen, begonnen. Die Parasitensendungen, die 1903 von Koebele aus Ohio einliefen, brachten keinen Erfolg. 1904 besuchten daher Perkins und Koebele Australien, um den Schädling in seiner Heimat zu studieren und wirksame Parasiten aufzufinden; Perkins kehrte 1905 nach Honolulu zurück, während Koebele, der in Queensland blieb, um die Feldbeobachtungen fortzusetzen, später über Fiji zurückkehrte. Der Erfolg der Reise war die Einführung folgender Eiparasiten: *Paranagrus optabilis Perk., P. perforator Perk., Anagrus frequens Perk.* (Fam. *Mymaridae*) von Queensland und *Ootetrastichus beatus Perk.* (Fam. *Eulophidae*) von Fiji (1916 wurde ein weiterer Eiparasit: *Ootetrastichus formosanus Timb.* durch Muir aus Formosa nach Hawaii gebracht). Etwa 18 Monate nach der Einführung der Parasiten war der Schaden durch *P. saccharicida* bereits auf die Hälfte seines früheren Umfanges gesunken; während des folgenden Jahres standen bereits 75% der befallenen Gebiete unter der Einwirkung des Parasiten. Da aber noch in einigen Gebieten stärkeres Auftreten herrschte und eine vollständigere Vertilgung erwünscht war, setzte Muir 1906–1907 die Versuche fort und führte die Dryiniden *Haplogonatopus*

---

in Hawaii on the Ecology of the Mediterranean Fruit-Fly *Ceratitis capitata Wiedemann* and its Parasites. Proc. Hawaii. Entom. Soc. **6**, 1927, 505—515; Willard, H. F., and Bissell, T. L., Parasitism of the Mediterranean Fruit-Fly in Hawaii 1922—1924. U. S. Dept. Agric., Circ. **109**, 1930; Willard, H. F., and Mason, A. C., Parasitization of the Mediterranean Fruit-Fly in Hawaii 1914—1933. U. S. Dept. Agric., Circ. **439**, 1937; Williams, F. X., Handbook of the Insects and other Invertebrates of Hawaiian Sugar Cane Fields. Honolulu 1931; Entomology. Rpt. Comm. Exper. Stat. Hawaii. Sugar Plant. Assoc. 1935. 1936, 17—25; Wolters, W., Measures for the Control of *Anomala orientalis* at the Oahu Sugar Company, Ltd. Hawaii. Plant. Record **38**, 1934, 264—278.

vitiensis Perk. von Fiji und *Pseudogonatopus hospes Perk.* aus China ein; ihre Wirksamkeit wurde jedoch sehr durch Hyperparasiten eingeschränkt; *Ps. hospes* wurde erst 9 Jahre nach seiner Einführung im Freien wiedergefunden, während auch die andere Art, obwohl eingebürgert, in den letzten Jahren selten geworden ist. Es erschien daher notwendig, die Suche nach natürlichen Feinden, die insbesondere den ungünstigen starken Regenfällen gegenüber widerstandsfähiger waren, fortzusetzen. Eine solche Art war die Wanze *Cyrtorrhinus mundulus Bredd.* (Fam. *Capsidae*), welche die Eier des „sugar cane leafhopper" aussaugt und von Muir aus Fiji und Queensland 1920 eingeführt wurde. Da die Angehörigen dieser Wanzenfamilie fast ausschließlich phytophag sind, war ihre Einführung ein gewagtes Unternehmen; es zeigte sich aber durch Muirs Beobachtungen, daß ihre zoophage Nahrungsweise fixiert war und keine Gefahr bestand, daß sie unter veränderten Lebensbedingungen zu einem Pflanzenschädling würde. Nach einigen Schwierigkeiten wurde sie auf den hawaiischen Inseln eingebürgert und vollendete die Unterdrückung des „sugar cane leafhopper" so, daß der Schädling seine Gefährlichkeit verloren hat.

Der „sugar cane borer", *Rhabdocnemis obscura Boisd.* (Fam. *Curculionidae*), der vielleicht von Tahiti eingeschleppt wurde, war auf den hawaiischen Inseln bereits seit 1865 ein ernster Zuckerrohrschädling, der auch Banane, Kokos-, Sago- und andere Palmen befiel. Muir wendete daher auf seiner Reise im Jahre 1906, die hauptsächlich der Suche nach Parasiten von *Perkinsiella saccharicida Kirk.* galt, sein Augenmerk auch auf diesen anderen Zuckerrohrschädling; nachdem er ihn vergeblich in Südchina, auf der Malayischen Halbinsel, Java, Borneo und Amboina gesucht hatte, fand er ihn auf Larat in großer Zahl in Zuckerrohr, Areca- und Sago-Palme. Mit den neuen Erfahrungen nach Amboina zurückgekehrt, fand Muir nun auch hier *Rh. obscura* zahlreich in Sago-Palmen und stellte als Parasiten eine Tachine: *Ceromasia sphenophori Vill.* fest. Nun begannen die Versuche, diesen Parasiten von Amboina nach Honolulu zu bringen. Da zu dieser Zeit noch keine Schiffsverbindung von Amboina nach Australien bestand, schien der Weg über Makassar—Hongkong am zweckmäßigsten; es ergab sich jedoch nun die weitere Schwierigkeit, daß die Tachine einerseits einen zu kurzen Entwicklungszyklus hatte, andererseits aber, wie Versuche zeigten, einen Transport im Kühlraum nicht überstehen würde. F. W. Terry wurde daher von Honolulu nach Hongkong gesandt, um dort das Material aus Amboina in Empfang zu nehmen und weiter zu züchten; infolge der schlechten Schiffsverbindungen gingen die Tachinen jedoch vor ihrer Ankunft in Hongkong ein; auch der Versuch Muirs, die Parasiten selbst nach Hongkong zu bringen, mißlang, da sie 24 Stunden vor seiner Ankunft starben. Es wurde daher notwendig, einen anderen Platz zu entdecken, an dem die Parasiten vorkamen und von wo sie leichter nach Honolulu gesandt werden konnten. Im November 1908 kehrte Muir daher von Hongkong in Begleitung von J. C. Kershaw nach den Molukken zurück und fand sowohl *Rh. obscura* wie *C. sphenophori* auf Ceram unter ähnlichen Lebensbedingungen wie in Amboina. Inzwischen hatte jedoch Muir in Erfahrung gebracht, daß *Rh. obscura* auch in Neu Guinea vorkommen sollte; er begab sich daher nach Port Moresby und fand dort in der Tat auch im April 1909 den Käfer wie den Parasiten reichlich im Zuckerrohr. Mit einer Anzahl von Zuchtkäfigen, die mit parasitierten Larven von *Rh. obscura* besetzt waren, trat nun Muir dieRückreise nach Honolulu an; bereits in Brisbana mußte er jedoch, an Typhus erkrankt, seine Reise unterbrechen; die Käfige wurden weiter gesandt, da jedoch niemand die Zuchten betreute, kamen alle Parasiten tot in Honolulu an. Muir faßte nun den Plan, Zuchtstationen in Australien und Fiji einzurichten, um die kurzlebige Tachine mit Hilfe dieser Zwischenstationen doch noch nach Hawaii zu importieren. Im Januar 1910 verließ Muir wieder Honolulu, begab sich nach Brisbane, wo er mit J. C. Kershaw die Errichtung einer Zuchtstation in Mossman (Queensland) vereinbarte, und von dort nach Neu Guinea, wo er eine große Zahl von parasitierten Käferlarven und Puparien der Tachine sammelte. Nach zahlreichen Schwierigkeiten, bei denen viel wertvolles Material verloren ging, gelang es im Mai endlich, Mossman mit einem Teil des Materials zu erreichen. Nachdem die 1. Parasitengeneration in Mossman gezogen war, begab sich Muir mit ihr auf die Heimreise, während Kershaw mit der 2. Generation folgen sollte. Muir hatte bereits Neu Guinea mit einer Malariainfektion verlassen und war nun auf der Heimreise gezwungen, sich in Fiji in das Hospital zu begeben; es gelang ihm aber noch vorher, die Tachinen in einem Zuchtkäfig unterzubringen, dessen Aufstellung er schon vorher veranlaßt hatte. Kershaw langte

in Suva am 9. August an und brachte Zuckerrohr, das mit parasitierten Käferlarven besetzt war, mit sich; einen Teil dieses Materials brachte er zur weiteren Zucht an Land, das andere wurde auf dem gleichen Schiff von Muir, zugleich mit dem inzwischen auf Fiji gezogenen, mitgenommen. Muir erreichte Honolulu am 16. August 1910, Kershaw einen Monat später mit weiteren in Fiji gezogenen Parasiten. So war es nach vierjahrelangem Bemühen gelungen, die Tachine *Ceromasia sphenophori Vill.* auf Hawaii einzuführen; es blieb nun nur noch übrig, sie weiter zu züchten und in allen von *Rhabdocnemis obscura Boisd.* befallenen Pflanzungen auszusetzen. Ein Teil der Tachinen wurde sogleich nach dem Schlüpfen in den Zuckerrohrfeldern ausgesetzt, der andere für die weitere Zucht zurückbehalten, bei der große Freilandkäfige verwendet wurden. Die Käferlarven wurden in künstliche Höhlungen in Zuckerrohrstengeln gesetzt und die Höhlungen mit Fraßmehl aus den Larvengängen zugestopft; die Larven wurden entweder auf dem Feld gesammelt oder in Zuchtgläsern gezogen. Wenn alles vorbereitet war, wurden 50—75 Tachinen in den Zuchtkäfig gesetzt. Nach Erreichung des Puppenzustandes wurden die Tachinentönnchen in den Pflanzungen ausgesetzt; häufig genügten schon 100—250 Puparien, um eine Plantage von Durchschnittsgröße zu besiedeln. Ende des Jahres 1913 war die Tachine bereits in 39 verschiedenen Pflanzungen eingebürgert; in diesem Jahre war auch schon ein bemerkenswerter Rückgang des „sugar cane borer" und der Ernteverluste festzustellen; auf einer Plantage fiel die Zahl (in Unzen) der gesammelten Käfer innerhalb von 2 Jahren von 27010 auf 1568. In einer Plantage, die besonders unter dem „sugar cane borer" litt, verringerte sich die Anzahl der befallenen Stengel von 30 auf 12,77%, was einen Gewinn von 1400 t Zucker = 100000 $ gleichkam. Die Wirksamkeit der Tachine hielt auch in den folgenden Jahren an, so daß der Schaden durch *Rh. obscura* im größten Teil des Zuckerrohrgebietes von Hawaii nicht mehr merklich ist. Nur in bestimmten Gebieten mit klimatischen und Anbauverhältnissen, die für die Tachine ungünstig sind, wird der Käfer auch heute noch recht schädlich, so daß die Suche nach anderen Parasiten, die unter diesen örtlichen Bedingungen wirksamer sind, fortgesetzt wird.

Anomala orientalis Waterh., „Anomala beetle", „cane rootgrub", in den Vereinigten Staaten „Asiatic beetle" genannt, dessen Heimat Japan und Korea ist, wurde um 1908 nach Hawaii eingeschleppt und trat zuerst 1912 in Zuckerrohrfeldern der Insel Oahu sehr schädlich auf. Obgleich sein Auftreten auf Oahu lokal beschränkt blieb, rief er doch durch völlige Vernichtung des Zuckerrohrs auf zwei Plantagen, die von ihm zum Teil befallen waren, jährlich einen Schaden von 50000 $ hervor. Auf der Suche nach Parasiten dieses Schädlings bereiste Muir 1913 Japan, Formosa, Java und die Philippinen und sandte eine Anzahl von Feinden des Käfers nach Hawaii, von denen sich aber nur einer: *Scolia manilae Ashm.* (Fam. *Scoliidae*) als brauchbar erwies. 1915 von Muir auf den Philippinen entdeckt, wurde *Sc. manilae* 1916 nach Hawaii gebracht, breitete sich in kurzer Zeit aus und vernichtete die Engerlinge von *A. orientalis* so wirksam, daß die Schäden völlig unbedeutend wurden; sie dehnte ihr Verbreitungsgebiet noch über das des Käfers hinaus aus und lebt an diesen Plätzen auf Kosten eines anderen, um 1896 aus Japan eingeschleppten Käfers: *Adoretus sinicus Burm.*, „Chinese rose beetle", der durch Käferfraß schädlich wird und zu dessen Bekämpfung neuerdings weitere Scoliiden, so *Tiphia lucida Ashm.*, von den Philippinen eingeführt wurden.

Die Mittelmeerfruchtfliege („Mediterranean fruit-fly"), *Ceratitis capitata Wied.*, wurde 1910 zuerst auf den hawaiischen Inseln festgestellt, breitete sich sehr schnell aus und befiel nahezu alle wirtschaftlich wichtigen Früchte mit Ausnahme von Banane und Ananas. Die verschiedensten Versuche zu ihrer Bekämpfung, auch mit Insektiziden, verliefen erfolglos; die zahlreichen Wirtspflanzen — in der Umgebung von Honolulu allein über 70 Arten — und der Umstand, daß einige zu allen Jahreszeiten blühen, war der Hauptgrund des Mißerfolges. 1912 wurde F. Silvestri vom „Hawaiian Board of Commissioners of Agriculture and Forestry" beauftragt, Parasiten der Mittelmeerfruchtfliege zu suchen. Von seiner Reise, auf der er West- und Südafrika und Süd- und Ostaustralien besuchte, brachte er im Mai 1913 sechs Parasiten von *C. capitata* nach Honolulu: *Opius perproximus Silv.*, *Dirhinus giffardii Silv.* und *Galesus silvestrii Kieff.* aus Westafrika, *Opius humilis Silv.* und *Trichopria capensis Kieff.* aus Südafrika sowie *Diachasma tryoni Cam.* aus New South Wales; von diesen zeigten sich jedoch in der Folgezeit nur die beiden Braconiden *Opius humilis* und *Diachasma tryoni* zur biologischen Bekämpfung von *C. capitata* auf Hawaii brauchbar.

Im Jahre 1914 wurden D. T. Fullaway und J. C. Bridwell vom „Territorial Government" nach Westafrika gesandt, um weitere Parasiten der Mittelmeerfruchtfliege zu suchen; der Erfolg ihrer Reise war die Einbürgerung der Braconide *Diachasma fullawayi Silv.* und der Chalcidide *Tetrastichus giffardianus Silv.* auf Hawaii. Diese vier Parasitenarten haben sich seitdem weit auf den Inseln ausgebreitet; die Parasitierung der Larven von *C. capitata* beträgt durchschnittlich 50%. Obwohl die Parasiten den Fruchtfliegenbefall merklich herabgesetzt haben, ist ihre Wirksamkeit von wirtschaftlichem Standpunkt aus betrachtet doch noch nicht genügend. Während manche Früchte, wie z. B. die Kaffeebeeren, im Bezirk Kona der Insel Hawaii, fast frei von *C. capitata* geworden sind, ist die Wirkung der Parasiten gegen die Fruchtfliegenlarven, die in Früchten mit dickem Fruchtfleisch leben viel ge inger; während in den bevorzugten Wirtsfrüchten der Parasitierungsgrad 95—100% beträgt, ist der Durchschnitt der Jahre 1914—1933 für alle Früchte nur 42,3%. Außerdem besteht zwischen den Parasitenarten selbst eine beträchtliche Konkurrenz; unter ihr hat besonders *Opius humilis* zu leiden, dessen Larve unweigerlich getötet wird, wenn sie zugleich mit der Larve einer der beiden anderen Braconiden in der gleichen Wirtslarve vorkommt. Anfänglich war *O. humilis* der wirksamste der vier Parasiten; sein Anteil an der Gesamtparasitierung fiel jedoch ständig; 1923 erreichte er mit 4,1% sein Minimum, stieg jedoch 1924 wieder auf 14,5%; es ist daher auch die Vermutung geäußert worden, daß es vielleicht erfolgreicher gewesen sein würde, wenn allein *O. humilis* ausgesetzt worden wäre. Von den 4 Arten ist heute *D. tryoni* der wirksamste Parasit; *D. fullawayi* tritt fast nur noch als Parasit in Kirschen lebender Larven von *C. capitata* auf.

Eine andere Fruchtfliege, die Melonenfliege, *Chaetodacus ucurbitae Coqu.*, wurde 1895 nach Hawaii eingeschleppt und machte den Melonenanbau in kurzer Zeit fast unmöglich; alle anderen Cucurbitaceen wie auch Tomaten wurden ebenfalls stark befallen. 1916 wurde die Braconide *Opius fletcheri Silv.* aus Indien eingeführt; der Erfolg war gut, so daß Melonen und Gurken nun wieder reichlich gezogen werden können und auch die Schäden an Tomaten nachgelassen haben.

„Armyworms" (Noctuidenraupen), besonders *Cirphis unipuncta Haw.* und *Spodoptera mauritia Boisd.*, traten früher sehr häufig als ernste Zuckerrohrschädlinge auf, besonders wenn die Pflanzungen an Grasland angrenzten oder die Felder mit „nutgrass" *(Cyperus rotundatus)*, der bevorzugten Fraßpflanze von *Sp. mauritia*, durchsetzt waren. Zu verschiedenen Zeiten und von verschiedenen Ländern wurde eine Anzahl von Parasiten eingeführt, welche die Eulenraupen heute so in Schach halten, daß Schadauftreten auf Hawaii selten geworden ist. Die wichtigsten dieser Parasiten sind zwei Larvenparasiten: die Chalcidide *Euplectrus platyhypenae Ashm.* und die Tachine *Archytas cirphis Curr.*, beide von H. T. Osborn 1923 bzw. 1924 aus Mexiko nach Hawaii gesandt, und die Proctotrypide *Telenomus nawai Ashm.*, die 1926 aus Japan eingeführt als Eiparasit von *Sp. mauritia* sehr erfolgreich ist.

Zur Bekämpfung der Raupen des „rice borer", *Chilo simplex Butl.* (Fam. *Crambidae*) hat die Einführung des Eiparasiten *Trichogramma japonicum* (Fam. *Trichogrammatidae*) *Ashm.* aus Japan und der Larvenparasiten *Amyosoma chilonis Vier.* (Fam. *Braconidae*) und *Angitia chilonis Cushm.* (Fam. *Ichneumonidae*) aus China sich gut bewährt (von der erstgenannten Art wurden z. B. im Jahre 1929 im Insektarium von Honolulu 52000 Exemplare gezogen und auf den Inseln Oahu und Kauai ausgesetzt).

Ebenfalls erfolgreich hat sich auch die in den letzten Jahren durchgeführte biologische Bekämpfung des „sugar cane grasshopper" oder „Chinese grasshopper", *Oxya chinensis Thunb.*, der um 1892 eingeschleppt wurde, mit Hilfe eines Eiparasiten gestaltet. Zwei Scelioniden: *Scelio pembertoni Timb.* und *Scelio serdangensis Timb.* wurden durch C. E. Pemberton von der Malayischen Halbinsel eingeführt, in großem Maße gezüchtet und in Zuckerrohrpflanzungen, die von *O. chinensis* geschädigt wurden, ausgesetzt (von Januar 1931 bis Januar 1933: 44300 Exemplare). Während *Sc. serdangensis* bereits 1931 ausstarb, hat sich *Sc. pembertoni* überall gut eingebürgert.

Mit gutem Erfolg wurde auch die biologische Bekämpfungsmethode auf Hawaii gegen eine Anzahl schädlicher Schildlausarten durchgeführt. Neben der Einführung mehrerer Coccinelliden (so *Novius cardinalis Muls., Cryptolaemus montrouzieri Muls., Rhizobius ventralis Erichs., Orcus chalybaeus Boisd.*), die sich gegen Cocciden gut bewährte, sind z. B. folgende Fälle zu nennen: *Pseudococcus nipae Mask.*, „Avocado mealybug", der jahrelang Avocado-

birne, Banane, Feige, Maulbeere, Guave und andere Nutzpflanzen schwer schädigte, war 2 Jahre nach der Einführung (1922 durch H. F. Osborn aus Mexiko) der Chalcidide *Pseudaphycus utilis Timb.* praktisch bedeutungslos geworden. Ebenso bürgerte sich die Chalcidide *Anagyrus dactylopii How.*, die 1925 aus Hongkong zur Bekämpfung des „cottony mealybug", *Pseudococcus filamentorus Ckll.*, auf Hawaii eingeführt wurde, in kurzer Zeit ein, während der Wirt ebenso schnell selten wurde. Zur Seltenheit wurde ebenfalls *Pseudococcus boninsis Kuw.*, „grey sugar cane mealybug", durch die Einführung der Chalcidide *Pseudococcobius terryi Full.*

Es ist nicht möglich, hier alle Fälle aufzuzählen, in denen die biologische Bekämpfungsmethode auf Hawaii Erfolge brachte. Swezey hat 1925 (auch abgedruckt bei Williams, 1931, p. 368—377) eine chronologische Liste der erfolgreichen Einbürgerungen von Parasiten und Feinden auf Hawaii gegeben, in der er bereits über 90 Arten aufgezählt hat[1]), zu denen in der Zwischenzeit noch zahlreiche weitere gekommen sind. Diesen Erfolgen stehen allerdings eine weit größere Zahl von Mißerfolgen gegenüber; Swezey hat am gleichen Ort auch ein chronologisches Verzeichnis der Arten gegeben, die sich nicht eingebürgert oder nicht zur biologischen Bekämpfung bewährt haben; obgleich es nicht möglich (für viele sind keine Aufzeichnungen vorhanden, eine Anzahl der Arten ist nicht näher bestimmt) ist, von ihnen eine vollständige Liste aufzustellen, übersteigt ihre Zahl sicher 200. Diese Fehlschläge dürfen jedoch nicht ohne weiteres zu ungunsten der biologischen Bekämpfungsmethode an sich gerechnet werden (Imms, 1926; 1937): Wenn z. B. die Einführung von 10 verschiedenen Parasiten oder Feinden versucht wird, von diesen sich aber nur 2 einbürgern, diese beiden jedoch den Schädling wirksam vermindern, so ist der Versuch gelungen. Man kann in diesem Falle nicht von 8 „Fehlschlägen" sprechen, da das Ziel die Bekämpfung des Schädlings war und nicht die Einbürgerung möglichst vieler Nützlinge. Eine große Zahl der „Fehlschläge" besteht auch lediglich darin, daß im Einzelfalle einer oder mehrere Parasiten sich als ausreichend wirksam erwiesen und die Bemühungen, die anderen Arten weiter zu fördern, dann als überflüssig aufgegeben wurden; eine Anzahl dieser Arten hätten sich sicher auch noch einbürgern lassen, wenn die Versuche fortgesetzt worden wären.

Die Erfolge der biologischen Bekämpfung durch Einführung nützlicher Insekten waren, wie die vorher mitgeteilten Beispiele zeigen, verschieden: In den erfolgreichsten Fällen war die Methode so wirksam, daß weitere Bekämpfungsmaßnahmen nicht mehr notwendig waren, in anderen ist sie nicht mehr als eine zusätzliche Maßnahme neben der technischen Bekämpfung. Nur in wenigen, durch besonders günstige Umweltbedingungen unterstützten Versuchen wurde die Vertilgung des Schädlings erzielt; in den meisten Fällen muß sie aber auch schon als erfolgreich angesehen werden, wenn eine dauernde merkbare Verminderung des Schädlings erreicht wird. Wenn z. B. die Verluste, die durch ein Schadinsekt hervorgerufen werden, durch die geglückte Einbürgerung natürlicher Feinde des Schädlings um 20% während einer Reihe von Jahren vermindert werden, oder wenn es durch die Einführung von Parasiten oder Feinden eines Schädlings gelingt, dessen Zahl so zu vermindern, daß die technische Bekämpfung nur in ge-

[1]) Clausen, C. P., 1936 (Fig. 2) gibt eine Übersichtskarte der Herkunft der 94 seit 1890 auf Hawaii eingebürgerten Parasiten und Räuber.

ringerem Umfang oder in größeren Zeitabständen durchgeführt zu werden braucht, hat sie ihre Berechtigung nachgewiesen.[1])

Die besten Erfolge[2]) der biologischen Bekämpfung durch Einführung nützlicher Insekten wurden bisher in Inselgebieten erzielt; Beispiele hierfür bieten, wie vorher gezeigt, Hawaii und Fiji, ferner auch Neuseeland.[3]) In Festlandsgebieten war die Einführung von Parasiten am ergebnisreichsten, wenn sie ökologisch Inseln ähnlich sind, wie z. B. Kalifornien, oder wenn der zu bekämpfende Schädling im Anbau örtlich begrenzte Wirtspflanzen, wie z. B. die Citrusfrüchte, hat; wo es sich dagegen um Schädlinge von solchen Kulturpflanzen handelt, deren Verbreitungsgebiet sich über ein ausgedehntes Festlandsgebiet mit verschiedenen klimatischen und ökologischen Bedingungen erstreckt, hat sich die Methode bisher weit weniger erfolgreich gezeigt. Die günstigsten abiotischen und biotischen Umweltsbedingungen für die Parasiteneinführung haben unter den Inselgebieten die hawaiischen Inseln: Das warme und gleichmäßige Klima begünstigt die Vermehrung und schnelle Entwicklung der eingeführten nützlichen Insekten und erlaubt eine höhere Generationenzahl; die einheimische Fauna ist infolge langer Isolierung von eigentümlicher und beschränkter Zusammensetzung, das Parasitenelement nur schwach entwickelt, so daß die eingeführten Parasiten auch keine nennenswerten hindernden oder vermindernden Faktoren biotischer Art finden; die wichtigsten Kulturpflanzen bestehen meist nur aus wenigen Arten und sind auf ein begrenztes Gebiet beschränkt, sodaß Organisation und einheitliche Durchführung der Bekämpfungsmaßnahmen sehr erleichtert werden. Den Gegensatz hierzu bilden Inselgebiete, wie z. B. Großbritannien, wo keine dieser günstigen Bedingungen vorhanden ist, vielmehr veränderliche, kühle Witterung, eine mannigfaltige und sehr angepaßte kontinentale Insektenfauna und eine Vielzahl von Kulturpflanzen und Kulturmethoden. Die Erfolge in Kalifornien sind einem Zusammentreffen bestimmter Bedingungen zuzuschreiben; begrenzt durch den Stillen Ozean und teilweise durch Berg- und Wüstenschranken ist dieser Staat physiographisch ziemlich isoliert; ein großer Teil des Landes, ursprünglich Wüste und durch Bewässerung kulturfähig gemacht, hat, besonders im Süden, subtropischen Charakter; die Insektenfauna in diesen Gebieten besteht zum Teil aus Einwanderern aus den angrenzenden Gebieten oder eingeschleppten Formen; im Vergleich mit dem übrigen Nordamerika ist das Klima in dem langen Landstrich zwischen den Bergen und dem Meer sehr gleichmäßig; das Gebiet, in dem die Parasiteneinführungen vorgenommen wurden, ist das ökologisch sehr gleichförmige Citrusanbaugebiet im Süden. Das Problem der Parasiteneinführung in Festlandsgebieten ist von Thompson[4]) eingehend erörtert worden, der nachweist, daß die Auswirkungen der Einschleppung fremder Schädlinge in solche

[1]) Imms, A. D., 1937.

[2]) Imms, A. D., 1937.

[3]) Dumbleton, L. J., Further Note on Pear Midge Parasite. New Zealand Journ. Sci. and Technology, **16**, 1935, 339—341; Miller, D., Clark, A. F., and Dumbleton, L. J., Biological Control of Noxious Insects and Weeds in New Zealand. **18**, 1936, 579—593; Tillyard, R. J., History of the Introduction of Beneficial Insects into New Zealand. Proc. Pan.-Pacific Sci. Congr. (Australia) 1923. **1**, 1926, 388—390.

[4]) Thompson, W. R., A Contribution to the Study of Biological Control and Parasite Introduction in Continental Areas. Parasitology **20**, 1928, 90—112.

Gebiete dem Fehlen eines vermindernden Faktors zuzuschreiben ist, und daß dieser Faktor, dessen Fehlen eine weit stärkere Zunahme des eingeschleppten Schadinsekts als im Heimatland gestattet, die natürlichen Feinde sind; er ist daher der Ansicht, daß die erfolgversprechendste Methode für eine dauernde und am wenigsten kostspielige Bekämpfung solcher Schädlinge die biologische ist, obgleich auch technische Bekämpfungsmaßnahmen nicht vernachlässigt werden sollen. Allerdings ist nicht zu erwarten, daß durch die Einführung nur einer nützlichen Insektenart ein beträchtlicher Erfolg erzielt werden kann. In dieser Beziehung bietet der Maiszünsler, *Pyrausta nubilalis Hb.*, ein Beispiel[1]): Die bisherigen Feststellungen über seine Parasiten in der paläarktischen Region haben gezeigt, daß nicht alle Arten im Gesamtverbreitungsgebiet des Schädlings vorkommen, daß vielmehr die Zusammensetzung der Parasitenfauna des Maiszünslers in den verschiedenen Maisanbaugebieten der alten Welt verschieden ist; es war daher von vornherein anzunehmen, daß sich nur ein bestimmter Teil der eingeführten Arten in einer bestimmten Zone Nordamerikas einbürgern würde. Thompson und Parker haben daher empfohlen, die Einführung von Parasiten, die in einer Zone versagt haben, in anderen klimatisch verschiedenen nochmals zu versuchen.

Für die Praxis der Einführung nützlicher Insekten gelten in großen Zügen[2]) folgende Richtlinien: Der Schädling, zu dessen Bekämpfung nützliche Insekten eingeführt werden sollen, ist genau zu bestimmen. Sodann ist seine geographische Verbreitung nach der Literatur festzulegen; bei eingeschleppten Schädlingen, um die es sich hierbei vornehmlich handeln wird, ist, wenn möglich die Heimat festzustellen. Wenn sich Angaben über das Vorkommen des Schädlings in den verschiedenen Teilen seines Verbreitungsgebietes finden, kann das Gebiet, das für das Sammeln seiner Feinde am günstigsten erscheint, ausgewählt werden. Am günstigsten für den Anfang wird das Gebiet sein, das in seinen physikalischen Bedingungen dem Gebiet am meisten ähnelt, in das die Feinde eingeführt werden sollen. War der Schädling bisher unbekannt, so sind die Angaben über nahe verwandte Arten oder Gattungen zu Rate zu ziehen. Sodann ist das über die Parasiten und Feinde des zu bekämpfenden Schädlings Bekannte festzustellen, ein Vorhaben, das häufig auf große Schwierigkeiten stoßen wird, da in vielen Fällen die Parasiten selbst wichtiger Schadinsekten, sogar in Europa, sowohl in taxonomischer wie in biologischer Hinsicht praktisch unbekannt sind. Wie Thompson als Beispiel anführt, war 1919 nur ein Parasit des Maiszünslers bekannt, während 1931 Goidanich[3]) 116 Insektenarten als Parasiten (oder Hyperparasiten) und Feinde von *Pyrausta nubilalis Hb.* — als Erfolg der zahlreichen in der Zwischenzeit im Interesse der Parasiteneinführung durchgeführten Untersuchungen — nennen kann. Es wird daher in den meisten Fällen notwendig sein, durch sorgfältige und planmäßige Felduntersuchungen die Parasitenfauna des zu bekämpfen-

[1]) Thompson, W. R., and Parker, H. L., The European Corn Borer and its Controlling Factors in Europe. U. S. Dept. Agric., Techn. Bull. **59**, 1928.

[2]) Eine eingehende Darstellung findet sich in: Thompson, W. R., The Biological Control of Insect and Plant Pests. London 1930, sowie auf diesen Ausführungen fußend in: Sweetman, H. L., The Biological Control of Insects. Ithaca, N. Y. 1936.

[3]) Goidanich, A., Gli insetti predatori e parassiti della *Pyrausta nubilalis Hb.* Boll. Lab. Entom. R. Ist. Sup. Agric. Bologna **4**, 1931, 77—218.

den Schädlings zu studieren, wobei zu berücksichtigen ist, daß ihre Zusammensetzung, worauf schon oben hingewiesen wurde, in den einzelnen Teilen des Verbreitungsgebietes des Schädlings verschieden sein kann. In manchen Fällen ist der Grund hierfür, daß der Schädling in den verschiedenen Teilen seines Verbreitungsgebietes auf Wirtspflanzen verschiedener Art lebt; in anderen Fällen ist die Zusammensetzung der Parasitenfauna durch die verschiedenen klimatischen Bedingungen des Verbreitungsgebietes bedingt; selbst wenn der gleiche Parasit im ganzen Verbreitungsgebiet des Schädlings auftritt, so kann er doch in einem Teile dieses Gebietes häufig, in einem anderen selten sein. Es empfiehlt sich daher, sobald entschieden ist, in welchen Gebieten die ersten Untersuchungen durchgeführt werden sollen, Teile dieser Gebiete auszuwählen, die in klimatischer, topographischer, land- oder forstwirtschaftlicher Hinsicht möglichst vielseitig sind und zusammengefaßt eine gute Charakteristik des ganzen Gebietes ergeben. Bei den nun folgenden, der ersten Orientierung dienenden Sammlungen, ist das Material mit größter Genauigkeit zu sichten und am besten jedes einzelne Stück, sei es, daß es sich um parasitierte Schädlinge in verschiedenen Stadien: Ei, Larve, Puppe, oder um Parasiten: erwachsene Larven, Puppen, Puparien, Kokons, und Räuber handelt, getrennt zu halten. Alle in der Nähe der Parasiten gefundenen Überreste anderer Insekten, z. B. Larven- oder Puppenhäute sind genau zu untersuchen und mit den entsprechenden Entwicklungsstadien des Schädlings zu vergleichen, um festzustellen, ob der Schädling und nicht eine andere Insektenart der Wirt des betreffenden Parasiten war. Soweit bei dem eingesammelten Material Parasiten in Frage kommen, wird auch eine genaue Untersuchung des ersten Materials nicht weiter führen als zu der Feststellung, welche Ordnungen, Familien oder — dies aber nur in besonderen Fällen — Gattungen parasitischer Insekten beteiligt sind, da sich in dem Material die Parasiten nur im Jugendstadium finden, diese Stadien aber zu einer näheren taxonomischen Feststellung infolge unserer noch sehr geringen Kenntnisse nicht ausreichen; besser steht es hierbei mit den Räubern, die zum Teil bereits als Imagines gefunden werden; auch wenn sie sich noch im Larvenzustand befinden, ist häufig ihre Bestimmung weit eher möglich als bei den Parasiten, da die Insektengruppen, zu denen die Mehrzahl der räuberischen Insekten gehört, auch in ihren Jugendstadien weit besser bekannt sind. Es ist daher notwendig, das eingesammelte Parasitenmaterial weiter zu züchten, um die Imagines für Feststellung und Bestimmung der Art zu erhalten. Diese für alle weiteren Untersuchungen wie insbesondere für die Auswertung des in der Literatur bereits über Lebensweise und Verbreitung des betreffenden Parasiten niedergelegten Erfahrungen notwendige Vorarbeit der Artfeststellung wird allerdings in vielen Fällen auf große Schwierigkeiten stoßen[1]), so insbesondere bei manchen Gruppen der parasitischen Hymenopteren, wie den *Chalcidoidea* und *Serphoidea (Proctotrypoidea)*, deren Taxonomie noch sehr ungeklärt ist und für die es überdies, wie auch für andere Gruppen parasitischer Insekten, sehr an Spezialisten mangelt. Bei diesen wie auch bei den späteren der Vermehrung der einzuführenden nützlichen Insekten

[1]) Ferrière, Ch., Systématique et lutte biologique. V. Congr. Internat. Entom. Paris 1932. 1933, 515—518.

dienenden Zuchten ist besonders darauf zu achten, ob es sich bei den einzelnen gezogenen Arten um Primär- oder Sekundärparasiten (Hyperparasiten) handelt, oder um solche Arten, die in der Hauptsache Primärparasiten sind, aber unter bestimmten Verhältnissen Sekundärparasiten werden können. Zu diesem Zwecke ist das von dem Parasiten verlassene Insekt, mag es sich im Ei-, Larven-, Puppen- oder Imaginalstadium befinden, genau zu untersuchen, ob es sich bei ihm in der Tat um den Wirt handelt, oder ob der Parasit in oder an einem anderen Schmarotzer des Insektes parasitiert hat; ebenso sind auch die Kokons oder Puparien von Parasiten zu untersuchen, ob sie zu dem Parasiten selbst gehören, oder ob dieser ein Hyperparasit war.

Der Hyperparasitismus[1]) ist ein wichtiger Faktor in der Gestaltung des Zahlenverhältnisses zwischen Wirt und Parasit, da fast jeder Parasit (in diesem Zusammenhang Primärparasit genannt) eines Insekts seinerseits dem Befall und damit der Verminderung durch Parasiten (Sekundär- oder Hyperparasiten genannt) ausgesetzt ist und die biologischen Beziehungen zwischen Wirt, Parasit und Hyperparasit häufig einen weitgehend angepaßten Komplex darstellen. Der Umfang, in denen Primärparasiten von Hyperparasiten befallen werden, hängt namentlich davon ab, wieweit das Entwicklungsstadium des Primärparasiten, in dem er von dem Hyperparasiten befallen wird, diesem zugänglich ist und wie lange dieser Entwicklungszustand dauert. Beispiele hierfür sind die beiden oben erwähnten Schwammspinner- und Goldafterparasiten *Apanteles melanoscelus Ratz.* und *A. lacteicolor Vier.*: *A. melanoscelus* verbringt längere Zeit während der Flugperiode der Hyperparasiten in seinem offen neben der toten Schwammspinnerraupe liegenden Kokon; nicht weniger als 35 Hyperparasiten sind aus den Kokons dieses Primärparasiten gezogen worden; *A. lacteicolor* dagegen verbringt den Winter als Larve in der Goldafterraupe und in der 1. Generation sein Puppenstadium in Kokons, die sich in oder an den Goldafternestern befinden, so daß nur ein verhältnismäßig kleiner Teil von Hyperparasiten befallen wird. Die Hyperparasiten sind in der Regel in ihrer Wirtswahl weniger beschränkt als die meisten Primärparasiten und können sich besser einer größeren Zahl von Wirten anpassen, besonders beim Fehlen der Hauptwirte. Hieraus erklärt sich auch die gelegentliche starke Hyperparasitierung eingeführter Primärparasiten, selbst wenn sie ohne die Hyperparasiten, die sie in ihrer Heimat befallen, importiert wurden. In vielen Fällen ist es auch nicht möglich, bestimmte Arten mit Sicherheit als Primär- oder Sekundärparasiten anzusprechen, da ihr Verhalten plastisch ist und weitgehend von den befallenen Wirten abhängt. Beispiele hierfür sind die beiden Chalcididen *Monodontomerus aereus Walk.* und *Eupteromalus nidulans Först.*, über die oben bereits berichtet wurde, daß sie teils

[1]) Flanders, S. E., Oripositional Instincts and Developmental Sex Differences in the Genus *Coccophagus*. Univ. California Publ. Entom. **6**, 1937, 401—422; Howard, L. O., Insect Parasites of Insects. Proc. Entom. Soc. Washington **26**, 1924, 27—46; Imms, A. D. 1937; Muesebeck, C. F. W., and Dohanian, S. M., A Study in Hyperparasitism, with particular Reference to the Parasites of *Apanteles melanoscelus* (*Ratzeburg*). U. S. Dept. Agric., Bull. **1487**, 1927; Proper, A. B., Hyperparasitism in the Case of some introduced Lepidopterous Tree Defoliators. Journ. Agric. Res. **48**, 1934, 359—376; Sweetman, H. L., 1936; Timberlake, P. H., Preliminary Report on the Parasites of *Coccus hesperidum* in California. Journ. Econ. Entom. **6**, 1913, 293—303.

Primärparasiten von Schwammspinner und Goldafter sind, teils Hyperparasiten der primärparasitischen Tachiniden und Braconiden dieser beiden Wirte. Besonders bemerkenswert ist die bisexuelle Entwicklung bei einigen *Coccophagus*-Arten, bei denen sich die Weibchen nur als primäre Endoparasiten, die Männchen dagegen nur als Sekundärparasiten, und zwar entweder ekto- oder endoparasitisch entwickeln. Der Hyperparasitismus hat für die Frage der biologischen Bekämpfung große praktische Bedeutung, da die Wirksamkeit eingeführter Parasiten durch Hyperparasitierung beträchtlich vermindert oder sogar zunichte gemacht werden kann. Als Beispiel wurde schon oben auf die versehentlich in Kalifornien eingeführte Chalcidide *Quailea whittieri Gir.* hingewiesen, die im kalifornischen Küstengebiet den Primärparasiten von *Saissetia oleae Bern.*: *Metaphycus lounsburyi How.* einschränkt. Proper hat durch eingehende Untersuchungen über die Parasiten von *Lymantria dispar L.*, *Euproctis phaeorrhoea Donov.*, *Stilpnotia salicis L.* und *Cnidocampa flavescens Walk.* nachgewiesen, daß etwa ein Drittel der Primärparasiten dieser Lepidopteren durch Sekundärparasiten vernichtet wird. Propers Beobachtungen stützen daher auch die Ansicht, daß die Sekundärparasiten eine der Hauptursachen für die Verminderung der Zahl und der Wirksamkeit der zur Bekämpfung der genannten Schädlinge in Neuengland eingeführten Parasiten sind. Die bisherigen Erfahrungen lassen allerdings befürchten, daß es bei der Einführung von Parasiten in Festlandsgebiete, besonders wenn es sich um eine Reihe von Arten zur Erzielung einer Parasitenfolge handelt, nicht leicht sein wird, immer die Hyperparasiten auszuschließen; auch wird in diesen Gebieten stets mit dem Befall durch einheimische Sekundärparasiten zu rechnen sein. In Inselgebieten wird es bei nötiger Vorsicht leichter möglich sein, das Hyperparasiten-Problem zu vermeiden; wahrscheinlich wird auch dieser Umstand wesentlich zu den Erfolgen der Parasiteneinführung auf Inseln beigetragen haben.

Auf Grund der vorläufigen Sammlungen und Beobachtungen wird es häufig schon möglich sein, die Orte auszuwählen, in denen das zu versendende Insektenmaterial in großem Umfang gesammelt werden soll. Bevor aber mit dieser Arbeit begonnen werden kann, ist es notwendig, zuerst genauer die Biologie und die Beziehungen der verschiedenen in Betracht kommenden Arten zu erforschen. Die Mehrzahl der Schadinsekten hat mehrere oder zahlreiche Arten natürlicher Feinde, von denen sie in den verschiedenen Stadien ihrer Entwicklung angegriffen werden. Die verschiedenen Feinde eines Schädlings haben verschiedene Lebensansprüche und Lebensgewohnheiten wie auch ihr Verhalten und ihre Wirksamkeit dem Wirt gegenüber verschieden ist. Bevor daher mit dem Sammeln von auszuführenden Feinden in größerem Maßstab begonnen wird, ist es nötig, auf Grund der Kenntnisse, die aus den zuvor angeratenen Untersuchungen gewonnen wurden, zu erwägen, welche Art oder welche Arten am geeignetsten für die Bekämpfung des Schädlings in dem Land, in das sie eingeführt werden sollen, sein werden.

Die Frage der Auswahl der Parasiten ist häufig erörtert worden, so besonders eingehend von Trouvelot.[1]) Er empfiehlt zuerst vergleichende Untersuchungen im Ein- und Ausfuhrland über die klimatischen Verhältnisse, die Verbreitung der

[1]) Trouvelot, B., Directives à suivre dans l'importation pour les besoins de l'agriculture d'insectes entomophages étrangers. Rev. Zool. Agric. et Appl. **24**, 1925, 125—148.

Wild- und Kulturpflanzen, die Zusammensetzung und Verteilung der Fauna, die gebräuchlichen Kulturmaßnahmen und die Lebensgeschichte des Wirtes und seine Verbreitung. Wenn der Schädling eine Art ist, deren Bestand von Jahr zu Jahr annähernd gleich ist, und nicht durch periodische einschneidende Kultur- oder Bekämpfungsmaßnahmen reguliert wird, wenn mithin von den Parasiten verlangt wird, dauernd der Vermehrung ihres Wirtes entgegenzuwirken, wird man am besten monophage Parasiten in Betracht ziehen, die besonders dem Wirt angepaßt sind. Derartige Verhältnisse liegen besonders bei den Schadinsekten perennierender Kulturpflanzen, wie Obst- und Zierbäume, Forsten, Wiesen vor. Wenn der Wirt eine Art ist, deren Bestand zwar ebenfalls von Jahr zu Jahr annähernd gleichbleibt, aber durch Kulturmaßnahmen regelmäßig verringert wird, allerdings nicht in so hohem Maße, daß die Art ihre Schädlichkeit verliert, können polyphage Parasiten einen Vorteil haben, obwohl man ihnen nicht unbedingt den Vorzug gegenüber den spezifischen Schmarotzern geben kann; diese sind insbesondere dann vorteilhafter, wenn sich der Wirt gleichzeitig auch auf benachbarten Wildpflanzen reichlich entwickelt. Hierher gehören die Schadinsekten besonders sorgfältig behandelter Obstkulturen, von Viehweiden und Reben. Wenn der Wirt eine Art ist, deren Bestand großen zahlenmäßigen Schwankungen, verursacht durch Umweltseinflüsse, besonders klimatischer Art, oder durch periodische einschneidende Kultur- oder Bekämpfungsmaßnahmen, unterworfen ist, wird man besonders polyphage Parasiten in Betracht ziehen, namentlich wenn die Minima des Wirtes innerhalb dieser Schwankungen sehr tief liegen. Die polyphagen Parasiten werden ihren Bestand durch Befall anderer Wirte einigermaßen aufrechterhalten und in ihrer Zahl durch Vernichtung des Hauptwirtes nicht so stark herabgesetzt werden, so daß sie noch zahlreich genug sind, wenn die Vermehrung des Hauptwirtes wieder beginnt. Ein monophager Parasit würde unter diesen Verhältnissen infolge Fehlens seines Wirtes sehr selten werden und auch in der Zunahme seines Bestandes sehr hinter diesem, der durch ständiges Vorhandensein seiner Nahrung schnell zunehmen kann, zurückbleiben. Hierher gehören die Schadinsekten der jährlich erneuerten, insbesondere der intensiven Pflanzenkulturen.

Bei der Auswahl der einzuführenden Parasiten ist ferner[1]) ihre Fähigkeit, schneller an Zahl zuzunehmen als der Wirt, in Betracht zu ziehen; sie kann auf größerer Vermehrungsfähigkeit, höherem Prozentsatz an Weibchen, oder kürzerem Lebensablauf beruhen. Die bei einigen parasitischen Hymenopteren vorkommende Polyembryonie[2]) kann das Zahlenverhältnis zwischen Wirt und Parasit erheblich zugunsten des letzteren steigern. Wenn sich bei der nützlichen Insektenart zwei oder mehr Generationen in der gleichen Zeit entwickeln, in der der Wirt nur eine hervorbringt, gewinnt ebenfalls der Parasit einen erheblichen Vorsprung. Wichtig ist ferner, in welchem Maße der Parasit oder Räuber in der Lage ist, seinen Wirt aufzufinden; diese Fähigkeit scheint häufig im Gegensatz zu

[1]) Imms, A. D., 1937; Sweetman, H. L, 1936. Ferner: Smith, H. S., On some Phases Insect Control by the Biologial Method. Journ. Econ. Entom. **12**, 1919, 288—292; The of Fundamental Importance of Life-history Data in Biological Control. Ebd. **19**, 1926, 708—714.

[2]) Zusammenstellung des bisher über Polyembryonie Bekannten bei Imms, Recent Advances in Entomology. 2. edit. London 1937. Ferner: Silvestri, F., Insect Polyembryony and its General Biological Aspects. Bull. Mus. Comp. Zool., **81**, 1937, 469—498.

der Fruchtbarkeit des Parasiten zu stehen. Auch wird ein weniger flugfähiger und den abiotischen Umwelteinflüssen stärker unterworfener kleinerer Parasit bei Vorhandensein zahlreicher Wirte zwar sehr wirksam sein, eine unbedeutende Rolle aber bei Seltenheit der Wirte spielen. Sodann ist es wünschenswert, daß der Parasit oder Räuber die Fähigkeit hat, sich ebenso schnell wie sein Wirt, das Schadinsekt, auszubreiten; wie die später bei der Frage der Nutzbarmachung einheimischer nützlicher Insekten angeführten Beispiele zeigen, sind manche Parasiten hierzu nicht in der Lage, so daß es notwendig wird, sie künstlich zu verbreiten. Zu berücksichtigen sind des weiteren die Abhängigkeit der einzuführenden nützlichen Insekten von abiotischen Faktoren, insbesondere dem Klima. Es kann nicht erwartet werden, daß sich ein Parasit oder Räuber, der aus tropischen Gebieten stammt, in nördlichen Breiten einbürgert und wirksam gegen die dortigen klimatischen Einflüssen angepaßten Schädlinge wird. Im allgemeinen ist es empfehlenswert, eine Art zu wählen, die in dieser Hinsicht eine große Variationsbreite hat. Wenn eine nützliche Insektenart aus anderen Gründen besonders wünschenswert ist, kann, wie z. B. bei *Cryptolaemus montrouzieri Muls.*, versucht werden, ihr durch künstliche Maßnahmen zu helfen. Häufig werden sich allerdings alle oder ein Teil dieser Vorfragen nicht vor der Einführung des Parasiten restlos klären lassen; das Verhalten des Parasiten seinem Wirt und den übrigen biotischen und abiotischen Faktoren gegenüber wird sich oft erst nach seiner Einführung durch Versuche im neuen Land endgültig herausstellen.

Bei den früheren Parasiteneinführungen ist aber, wie Thompson (1930) betont, diesen Voruntersuchungen zweifellos zu wenig Beachtung geschenkt worden. Der Faktor, der die früheren praktischen Maßnahmen in erster Reihe beeinflußt, war finanzieller Art; wenn genügend Mittel zur Verfügung standen, war es üblich, möglichst alle Parasiten und Räuber einer Schädlingsart, die aufgefunden werden konnten, einzuführen, ohne große Rücksicht auf ihr wahrscheinliches oder mögliches Verhalten untereinander oder anderen Arten gegenüber als dem gerade in Betracht kommenden Wirt. In neuerer Zeit ist jedoch die Ansicht aufgekommen, daß derartige wahllose Parasiteneinführungen in bestimmten Fällen sehr nachteilig werden können. Den Anlaß zur Änderung der Anschauungen gaben unter anderem die Erfahrungen, die, wie oben geschildert, bei der Einführung der Parasiten der Mittelmeerfruchtfliege, *Ceratitis capitata Wied.*, in Hawaii gemacht wurden: Einige der eingeführten Parasitenarten treten miteinander so in Konkurrenz, daß ein Parasit, der vielleicht in der Lage gewesen wäre, allein den Wirt wirksam zu vermindern, sehr in seiner Wirksamkeit durch die beiden anderen, weniger wirksamen Parasitenarten gehindert wurde; von den hawaiischen Entomologen wurde daher die Ansicht vertreten, daß es mehr Erfolg versprochen hätte, nur den ersten Parasiten einzuführen. Einen ähnlichen Fall von Multiparasitismus[1])

[1]) Über „Multiparasitismus" (gleichzeitiger Befall des gleichen Wirtsindividuums durch zwei oder mehr Arten von Primärparasiten) und „Superparasitismus" (gleichzeitiger Befall des gleichen Wirtsindividuums durch zwei oder mehr Individuen des gleichen Primärparasiten) findet sich bei Imms, A. D., 1937, 322—326 eine eingehende Darstellung. Ferner: Fiske, W. F., Superparasitism: An Important Factor in the Natural Control of Insects. Journ. Econ. Entom. **3**, 1910, 88—97; Tothill, J. D., The Natural Control of the Fall Webworm *(Hyphantria cunea, Drury)* in Canada, together with an Account of its several Parasites. Dominion Canada, Dept. Agric., Bull. (n. s.) **3** (Ent. Bull. 19). 1922.

hat Muesebeck[1]) in seinen Beobachtungen über die Parasiten des Goldafters mitgeteilt: Sektionen von über 13000 Wirtsraupen zeigten, daß in allen Fällen, in denen Larven der Braconide *Apanteles lacteicolor Vier.* mit Larven der Braconide *Meteorus versicolor Wesm.* oder der Tachinide *Zygobothria nidicola Towns.* oder mit beiden Arten in Wettbewerb treten, die letzteren getötet werden, wahrscheinlich durch ein toxisches Sekret der *Apanteles*-Larve. Smith[2]) hat die Frage des Multiparasitismus und seiner Bedeutung für die biologische Bekämpfung eingehend erörtert und kommt zu der entgegengesetzten Ansicht wie die hawaiischen Entomologen, nämlich daß für die Behauptung, die Einführung mehrerer Parasiten von *Ceratitis capitata Wied.* sei weniger erfolgreich gewesen, als wenn *Opius humilis Silv.* allein eingeführt worden wäre, der Beweis nicht erbracht sei. Er betont, daß bei Vorhandensein mehrerer Arten natürlicher Feinde die Herstellung eines Gleichgewichts wahrscheinlicher ist als bei Anwesenheit nur einer Art. Unerwartete Änderungen der Umwelt bedingen oft eine Verminderung der Wirksamkeit eines Parasiten und rufen große Schwankungen im Bestand seines Wirtes hervor, während bei Vorhandensein mehrerer natürlicher Feinde nicht leicht alle in gleichem Maße beeinflußt werden, vielmehr der eine oder andere für den ausfallenden eintreten wird. Die Verdrängung eines fruchtbareren Parasiten durch einen weniger fruchtbaren hat nicht unbedingt einen Einfluß auf die Populationsdichte. Die Fähigkeit eines Lebewesens, schnell an Zahl zuzunehmen ist verschieden von seiner Fähigkeit, sich auf einer hohen Populationsdichte zu halten.

Thompson (1930) andererseits sieht auf Grund mathematischer Berechnungen die Frage, zum mindesten in bestimmten Sonderfällen, noch nicht als geklärt an und weist hierbei, indem er zur Vorsicht mahnt, auf die Tatsache hin, daß eine geglückte Einführung nicht mehr rückgängig gemacht werden kann. Wenn sich einmal ein Parasit im neuen Land eingebürgert hat, ist es nicht möglich, ihn wieder auszuschalten, so daß sich seine nachteilige Wirksamkeit unbestimmte Zeit fortsetzen wird. Thompson empfiehlt daher im Hinblick auf das schwer vorauszusehende Verhalten der Parasiten untereinander und gegenüber der Umwelt mit großer Vorsicht zu verfahren. Als aussichtsreichste Methode, eine Parasiten- oder Räuberfauna herzustellen, die in der Lage ist, die gewünschten Ergebnisse zu bringen, erscheint ihm, jede Parasiten- oder Räuberart einzeln einzuführen und ihr Fortschreiten und die Wirkung, die sie auf den Schädling ausübt, wenn sie das Maximum ihrer Entwicklung erreicht hat, zu beobachten; erst dann können, wenn notwendig, unter genauer Berücksichtigung des Bedürfnisses weitere Arten eingeführt werden. Die Auswahl nur eines auszuführenden Parasiten erfordert natürlich besondere Sorgfalt. Thompson empfiehlt in diesem Falle, die Art auszuwählen, die sich als wirksamste in dem betreffenden Gebiet zeigt; wenn in zwei verschiedenen Teilen des Sammelgebietes zwei Arten gleich wirksam sind, die Art aus dem Teil des Gebietes zu wählen, der in seiner allgemeinen Beschaffenheit dem Gebiet am meisten ähnelt, in das der Parasit eingeführt werden soll.

---

[1]) Muesebeck, C. F. W., Two important introduced Parasites of the Brown-tail Moth. Journ. Agric. Res. **14**, 1918, 191—206.

[2]) Smith, H. S., Multiple Parasitism: Its Relation to the Biological Control of Insect Pests. Bull. Entom. Res. **20**, 1929, 141—149.

In diesem Zusammenhang muß ferner die von Fiske[1]) aufgestellte Theorie der Parasitenfolge („sequence theory of parasitic control") erwähnt werden, die von der Beobachtung ausging, daß bei vielen Lepidopteren, z. B. dem Schwammspinner und Goldafter, eine Reihe von Parasiten vorhanden ist, die aufeinanderfolgen und die Eier, Larven und Puppen befallen; nur durch Zusammenwirken aller Glieder dieser Parasitenfolge werde ein Schadinsekt ausreichend vermindert; nur wenn ein bestimmter Prozentsatz der Eier durch Eiparasiten vernichtet werde, seien die Larvenparasiten imstande, die Larven des Schadinsekts so weit zu vermindern, daß die Puppenparasiten den Schädling genügend einschränken könnten. Ein Parasit allein könne nicht so viele Individuen der Wirtspopulation vernichten wie eine Folge verschiedener Feinde. Die Theorie verlangt daher, daß, wenn ein Schadinsekt, wie Schwammspinner oder Goldafter, in ein fremdes Land eingeschleppt wurde, zu seiner biologischen Bekämpfung auch, soweit als möglich, der in der Heimat vorhandene Parasitensatz eingeführt werde. Fiskes Ansichten wurden von Howard[2]) unterstützt, indem er darauf hinweist, daß wohl bei festsitzenden Formen mit einförmiger Lebensgeschichte wie den Cocciden ein Parasit oder Feind zur Bekämpfung genügen könne, wie *Icerya purchasi Mask.* und *Rodolia cardinalis Muls.* oder *Aulacaspis pentagona Targ.* und *Prospaltella berlesei How.* zeigen, daß aber bei Arten mit verwickelter Lebensgeschichte, ausgeprägter Metamorphose, zwei beweglichen Entwicklungsstadien und mannigfaltigen Umweltverhältnissen die gesamte ursprüngliche Parasitenumwelt wieder hergestellt werden müsse. Dagegen kommt Thompson[3]) in einer Kritik dieser Theorie zu dem Schluß, daß sie keine allgemein für die Wirkung von Parasiten gültige Theorie sei, sondern nur für bestimmte Sonderfälle zutreffe; der Erfolg durch eingeführte Parasiten hängt vielmehr von dem Verhältnis zwischen der Vermehrungsziffer des Wirtes und der des Parasiten ab; wenn die Vermehrungsziffer eines oder mehrerer der eingeführten Parasiten gleich oder größer ist als die des Wirtes, ist eine Parasitenfolge nicht notwendig; die Zeit, die für das Eintreten einer wirksamen Verminderung des Schädlings abgewartet werden muß, hängt allerdings nicht nur von dem erwähnten Verhältnis der Vermehrungsziffern ab, sondern auch von dem Verhältnis zwischen der Individuenzahl des eingeführten Parasiten und der seines Wirtes zur Zeit der Einführung.

Der für die Auswahl zur Einführung geeigneter nützlicher Insekten wichtigen Frage, ob Parasiten oder Räuber bei der biologischen Bekämpfung von Schadinsekten größeren Wert besitzen, hat Thompson[4]) eine eingehende Betrachtung gewidmet. Die frühere Anschauung war, daß die Räuber weniger wertvoll seien als die Parasiten, da sie in der Wahl ihrer Wirte weniger eigen seien. Wie Thompson nachweist, besteht diese Annahme nicht zu Recht; es bestehen vielmehr in

---

[1]) Fiske, W. F., Parasites of the Gipsy and Brown-tail Moths introduced into Massachusetts. Boston 1910; Howard, L. O. and Fiske, W. F. 1911.

[2]) Howard, L. O., Insect Parasites of Insects. Proc. Entom. Soc. Washington. **26**, 1924, 27—46.

[3]) Thompson, W. R., A Criticism of the "Sequence" Theory of Parasitic Control. Ann. Entom. Soc. America **16**, 1923, 115—128.

[4]) Thompson, W. R., On the Relative Value of Parasites and Predators in the Biological Control of Insect Pests. Bull. Entom. Res. **19**, 1929, 343—350.

dieser Beziehung kaum Unterschiede zwischen Parasiten und Räubern (wobei auch noch dahingestellt bleiben muß, ob im Einzelfalle Monophagie oder Polyphagie für die Zwecke der biologischen Bekämpfung wertvoller ist): Nur wenige Parasiten sind streng monophag; mit zunehmender Kenntnis der Lebensweise der Parasiten, vermindert sich auch die Zahl der Parasiten, die in die Kategorie der monophagen Arten eingereiht werden, von Jahr zu Jahr. Umgekehrt besteht kein Zweifel, daß viele Räuber eigener in der Wirtswahl sind als früher angenommen wurde. Ein Punkt von beträchtlicher Bedeutung für die Beurteilung des relativen Wertes parasitischer und räuberischer Arten betrifft ihre Vermehrungsfähigkeit; es liegt jedoch bisher kein Beweis dafür vor, daß wesentliche Unterschiede in der endgültigen Vermehrungsziffer zwischen Parasiten und Räubern besteht. Ferner betont Thompson, daß, selbst wenn die räuberischen Insekten in ihrer Wirtswahl weniger angepaßt und weniger fruchtbar wären als die Parasiten, diese Nachteile dadurch aufgewogen würden, daß der einzelne Räuber während seines Lebens eine große Zahl von Wirtsinsekten vertilgt, während der Parasit nur einen Wirt tötet (in den Fällen von Multiparasitismus und Superparasitismus kommen sogar mehrere Parasiten auf einen Wirt). Die auf Grund dieser theoretischen Erwägungen gewonnenen Ansichten von der Bedeutung der Räuber werden gestützt durch die praktischen Erfahrungen, die mit Arten wie *Rodolia cardinalis Muls.*, *Cryptolaemus montrouzieri Muls.*, *Cyrtorrhinus mundulus Bredd.* oder *Cryptognatha nodiceps Mshl.* erzielt wurden. Thompson kommt daher zu dem Schluß, daß räuberische Insekten für die Zwecke der biologischen Bekämpfung durchaus gleichwertig den Parasiten sind, und daß im Einzelfalle jeweils durch sorgfältige Untersuchungen zu klären ist, wem von den beiden Typen der Vorzug gegeben werden muß.

In der Regel wird zwischen der Entdeckung des eingeschleppten Schadinsekts im neuen Land und der Einführung nützlicher Insekten zu seiner Bekämpfung beträchtliche Zeit verstrichen sein, die dem Schädling gestattet hat, sich weit auszubreiten und an Zahl stark zuzunehmen. Da es deshalb wünschenswert ist, den Parasiten oder Räuber so zahlreich als möglich einzuführen und an einer Anzahl von Punkten des Schadgebietes auszusetzen, bildet die Beschaffung großer Mengen der nützlichen Insekten ein weiteres Problem der biologischen Bekämpfungsmethode. Für die Erlangung zahlreicher Individuen eines Parasiten oder Räubers bestehen zwei Möglichkeiten[1]): Die Zucht der Art aus einem kleinen Grundstock, der im Feld gesammelt wurde oder die unmittelbare Sammlung großer Mengen der in Frage kommenden Art in deren Heimat. Sobald man sich daher auf Grund der oben besprochenen Richtlinien über die Wahl der einen oder anderen parasitischen oder räuberischen Insektenart zur Einführung schlüssig geworden ist, muß man sich entscheiden, welche dieser beiden Möglichkeiten, deren jede Vorteile und Nachteile hat, man anwenden will. Die Vorteile des Zuchtsystems liegen darin, daß es die Ausgaben und Arbeiten, die beim Sammeln im Feld notwendig sind, sehr herabsetzt; die verschiedenen natürlichen Feinde eines Schadinsekts sind nicht gleichmäßig über dessen Verbreitungsgebiet verteilt; an manchen Orten sind sie zahlreicher vorhanden, an anderen sehr selten; auch sind

[1]) Thompson, W. R., 1930.

die Orte, an denen sie zahlreich sind, im Laufe der Jahre nicht immer die gleichen. Ein weiterer Vorteil der Zuchtmethode ist, daß die Gefahr der Einschleppung von Hyperparasiten oder anderen unerwünschten Insekten praktisch ausgeschlossen ist. Außerdem kann die Zucht in vielen Fällen so eingerichtet werden, daß die Imagines für die Aussetzung im Freien bereit sind, wenn der Wirt sich in dem erwünschten Entwicklungsstadium befindet, während sich bei den Sammlungen im Feld häufig die Notwendigkeit herausstellt, das Material in Kühlräumen aufzubewahren und über weite Entfernungen zu versenden, so daß es in einem ungünstigen Zeitpunkte eintreffen kann. Die Nachteile dieser Methode liegen darin, daß sie beträchtliche technische Kenntnisse und Einrichtungen und einen ausgebildeten Stab von Hilfskräften voraussetzt. Außerdem bietet bei einer Reihe von Parasiten die Zucht der Wirte, die eine Vorbedingung für die Zucht der Parasiten selbst ist, große Schwierigkeiten. Die Vorteile der Sammelmethode im Feld liegen darin, daß umfangreiches Material auch mit ungeübtem Arbeitspersonal und mit einer billigen und einfachen Ausrüstung zusammengebracht werden kann. In Fällen, in denen es wünschenswert ist, mehrere Parasitenarten einzuführen, können sie meist zu gleicher Zeit und mit derselben einfachen Technik gesammelt werden, während meist verschiedene Methoden und Einrichtungen für die Zucht verschiedener Parasiten notwendig sind. Ferner kann das Material, das in großem Umfang im Feld gesammelt wurde, häufig kurze Zeit darauf bereits ausgesetzt werden, während die Zucht ausreichender Mengen längere Zeit erfordert. Die Nachteile des Sammlungssystems im Felde sind die höheren Ausgaben bei langdauerndem und ausgedehntem Sammeln und die Kosten für den umfangreicheren Transport, die Gefahr der Einführung von Hyperparasiten oder sonstiger unerwünschter Arten und die Schwierigkeit, das Material gerade an dem für die Aussetzung günstigen Zeitpunkt zu erhalten, ein Punkt, der besonders bei der Verbringung von Material von der nördlichen zur südlichen Halbkugel oder umgekehrt zu beachten ist. Welchen der beiden Wege man einschlagen will, muß man daher auch hier in jedem Einzelfall auf Grund der besonderen Verhältnisse entscheiden.

Die Massenzucht und das Massensammeln von parasitischen und räuberischen Insekten, das Versenden der nützlichen Insekten, ihre weitere Behandlung nach dem Eintreffen und ihre Aussetzung im neuen Land, ist so sehr verschieden nach den einzelnen Arten, daß hier auf die technischen Einzelheiten nicht eingegangen werden kann. Einen zusammenfassenden Überblick über die brauchbarsten Methoden haben Thompson (1930) und Sweetman (1936) gegeben.[1])

Der große Vorteil der biologischen Bekämpfungsmethode durch Einführung nützlicher Insekten besteht darin, daß sie, abgesehen von Ausnahmefällen, wie z. B. *Cryptolaemus montrouzieri Muls.*, nach Aussetzung der genügenden Zahl von Parasiten oder Räubern keiner weiteren Bemühungen mehr bedarf. Selbst-

---

[1]) Eine kürzere Darstellung gaben z. B. auch Fulmek, L., u. Ripper, W., Nützlinge in Garten, Feld und Wald. Stuttgart 1935. Weitere Literaturangaben über die Technik der Zucht und des Versendens finden sich bei Sweetman wie auch oben bei den einzelnen Beispielen von Parasiteneinführungen, so bei *Cryptolaemus montrouzieri Muls.*, *Aphelinus mali Hald.*, *Trichogramma*. Ferner: Jones, D. W., Some Notes on the Technic of Handling Parasites. Journ. Econ. Entom. **19**, 1926, 311—316.

verständlich müssen aber nach dem Aussetzen die Fortschritte der eingeführten Art eine Reihe von Jahren verfolgt werden zur Feststellung, ob sie sich eingebürgert hat und wieweit sie das Schadinsekt, zu dessen Bekämpfung sie eingeführt wurde, vermindert. Hierbei darf der „Zeitfaktor"[1]) nicht außer acht gelassen werden, dessen Nichtbeachtung in manchen Fällen zu irrigen Schlußfolgerungen über das Versagen von Parasiten geführt hat. So berichtet z. B. Howard[2]), daß die gegen die Hessenfliege, *Mayetiola destructor Say* 1894 aus England in die Vereinigten Staaten eingeführte Chalcidide *Pleurotropis epigonus Walk. (metallicus Nees)* erst 22 Jahre nach der Aussetzung im Felde wiedergefunden wurde, seitdem aber sich zu einem der wichtigsten Parasiten der Hessenfliege in den östlichen Vereinigten Staaten entwickelt hat. (Als entgegengesetztes Beispiel seien *Coccophagus gurneyi Comp.* in Kalifornien und *Aphelinus mali Hald.* in Neuseeland genannt.) Umgekehrt ist es auch nicht selten vorgekommen, daß eingeführten Parasiten die zeitweilige Seltenheit oder das Verschwinden des Wirtes zugute geschrieben wurde, obgleich dies auf die Wirkung ganz anderer Faktoren zurückzuführen war. Für wissenschaftliche Zwecke reicht daher die einfache Feststellung, daß ein Schadinsekt nach Einführung eines Parasiten an Schädlichkeit abgenommen habe, nicht aus; es ist unbedingt notwendig durch sorgfältige Zuchten und Sektionen in größerem Umfang zu zeigen, daß die Abnahme der Schädlichkeit in der Tat durch den Parasiten herbeigeführt wurde. Eine mathematische Methode für die annähernde Schätzung des Fortschrittes eingeführter Parasiten ist von Thompson[3]) mitgeteilt worden, die zeigt, in welchem Verhältnis die Vermehrungsziffern von Wirt und Parasit zusammen mit der Individuenzahl beider bei Einführung des Parasiten zu der Zeit stehen, die verstreichen muß, bevor ein bestimmter Parasit dominierende Wirksamkeit ausübt.

Da oft längere Zeit verstreicht, bevor ein eingeführter Parasit eine merkliche Verminderung des Wirtsinsektes herbeiführt, werden in der Zwischenzeit häufig zur Abwendung von Schäden technische Bekämpfungsmaßnahmen durchgeführt werden; auch wird man in bestimmten Fällen, selbst nach erfolgreicher Einbürgerung eines nützlichen Insekts, nicht ganz auf die Anwendung von Bekämpfungs- oder Kulturmaßnahmen zur Verminderung seines Wirtes verzichten wollen; schließlich kann auch ein Parasit bei der Anwendung chemischer Mittel, die sich gar nicht gegen seinen eigenen Wirt richten oder sogar Fungicide sein können, betroffen werden. Diese nicht nur für die Einbürgerung nützlicher Insekten (vgl. z. B. oben *Aphelinus mali Hald.*), sondern auch für andere Gebiete der biologischen Methode (vgl. z. B. oben die Verwendung von Pilzen zur Bekämpfung von Cocciden in Kalifornien) wichtige Frage der Beziehungen zwischen chemischen und biologischen Bekämpfungsmaßnahmen (wie auch der Wirkung von Kulturmaßnahmen auf den Parasitenbestand) ist von Clausen[4]) ausführ-

[1]) Imms, A. D., 1937; Sweetman, H. L., 1936.

[2]) Howard, L. O., Insect Parasites of Insects. Proc. Entom. Soc. Washington **26**, 1924, 27—46.

[3]) Thompson, W. R., A Method for the Approximate Calculation of the Progress of Introduced Parasites of Insect Pests. Bull. Entom. Res. **17**, 1927, 273—277.

[4]) Clausen, C. P., Insect Parasitism and Biological Control. Ann. Entom. Soc. America **29**, 1936, 201—223.

licher erörtert worden, der an Hand von Beispielen zeigt, daß die Wirkung chemischer Mittel je nach der Lebensweise und dem Entwicklungsstadium, in dem sich der Parasit zur Zeit der Anwendung des Mittels befindet, sowie der Art des chemischen Mittels verschieden sein kann; eine theoretische Analyse des Problems ist ferner von Thompson[1]) gegeben worden.

2. Nutzbarmachung einheimischer nützlicher Insekten[2])

Wesentlich anders als bei der eben besprochenen Einführung nützlicher Insekten liegen die Verhältnisse bei der Nutzbarmachung einheimischer Parasiten oder Räuber zur Bekämpfung von Schadinsekten. Während es sich dort darum handelt, entweder aus der Heimat des Schädlings seine Feinde nachzuholen und so einen Zustand herzustellen, der im Ursprungsland natürlich ist, oder einen neuen Feind (wie vorher an Beispielen gezeigt, meist einen Feind einer dem Schädling nahe verwandten Insektenart) einzubürgern, so gehen die Bemühungen bei der Nutzbarmachung einheimischer nützlicher Insekten dahin, einen natürlichen, meist seit lange bestehenden Zustand, in dem das Verhältnis zwischen Schädling und seinen Feinden wohl labil ist, aber doch nur in engeren Grenzen schwankt, zugunsten der Feinde zu ändern.[3]) Die Nutzbarmachung einheimischer nützlicher Insekten kann entweder in ihrer Erhaltung oder in ihrer künstlichen Vermehrung bestehen oder schließlich darin, daß man die Feinde eines Schädlings von einem Ort, an dem sie häufig sind, an einen anderen bringt, an dem sie fehlen; wie aus dem vorgenannten Grund hervorgeht, sind die Aussichten auf Erfolg bei der künstlichen Vermehrung einheimischer nützlicher Insekten am ungünstigsten, während die beiden anderen Möglichkeiten in einzelnen Fällen in begrenztem Umfang erfolgreich sein mögen.[4])

Bei der Erhaltung einheimischer nützlicher Insekten geht das Bestreben dahin, das Verhältnis zwischen Schädling und Nützling zugunsten des letzteren zu verschieben, entweder indem man zur Bekämpfung des Schädlings Maßnahmen anwendet, durch die mehr Schädlinge als Nützlinge vernichtet werden, oder indem man Maßnahmen unterläßt, welche den Nützlingsbestand vermindern können. Einige der ältesten Vorschläge und Versuche (Hartig, Boisgiraud, Villa) zur Erhaltung nützlicher Insekten sind schon in der Einleitung mitgeteilt

---

[1]) Thompson, W. R., On the Effect of Methods of Mechanical Control on the Progress of Introduced Parasites of Insect Pests. Bull. Entom. Res. **18**, 1927, 13—16.

[2]) Gryse, J. J. de, The Utilization of Native Parasites. Conference on Biological Methods of Controlling Insect Pests, Belleville, Ont. 1936, Dominion Canada, Dept. Agric., Entom. Branch, Ottawa, o. J., 71—74 (vervielfältigter Bericht); Hazelhoff, E., Biologische Bestrijding van insectenplagen met behulp van inheemsche parasieten. Handel. V. Nederl.-Ind. Naturventensch. Congr. 1928, 437—444; Imms, A. D, 1937; Marchal, P., 1907; Sweetman, H. L., 1936.

[3]) „It is almost impossible permanently to increase the number of any indigenous species which has already come to a natural balance with all the other components of its native environment." Hackett, L. W., Malaria in Europa. London 1937, p. 313.

[4]) Marchal, P., hat dies schon 1907 richtig erkannt, wenn er über die Verwendung einheimischer nützlicher Insekten sagt (S. 301): „En tout cas, il convient de dire que, actuellement, elle ne parait applicable que dans un nombre de cas assez limité.

worden. Weitere Vorschläge[1]) stammen z. B. von C. V. Riley (zur Bekämpfung von *Mineola indiginella Zell.*), von J. H. Comstock (zur Bekämpfung von *Pontia rapae L.* und *Alabama argillacea Hb.*), von A. Berlese (zur Bekämpfung von *Clysia ambiguella Hb.*), von F. Silvestri (zur Bekämpfung von *Dacus oleae Rossi*) und von P. Marchal (zur Bekämpfung von *Mayetiola destructor Say*). Ein größerer praktischer Versuch wurde von F. Decaux[2]) 1880 in Frankreich durchgeführt. Er sammelte vom Apfelblütenstecher, *Anthonomus pomorum L.*, befallene Knospen, die sonst verbrannt wurden, und legte sie in Kästchen, die mit Gaze bedeckt und in Apfelbäumen aufgehängt wurden; die Gaze wurde zur Schlüpfzeit der Parasiten abgerissen und diesen so Gelegenheit zum Ausfliegen gegeben. Die Maßnahme, die auch noch im nächsten Jahre wiederholt wurde, soll die Obstgärten, die isoliert inmitten von Feldern lagen, für 10 Jahre von Apfelblütenstecherschäden befreit haben. Im Süden von Texas, Louisiana, Mississippi und Florida werden bei der Zuckerrohrernte die Spitzen und Seitenblätter der Pflanzen abgeschnitten und auf den Feldern liegen gelassen; ein von den Pflanzern allgemein befolgter Ratschlag war, diese Abfälle zu verbrennen, sobald sie trocken sind, was einige Wochen nach der Ernte einzutreten pflegt, da man annahm, durch diese Maßnahme den Befall des Zuckerrohrs durch den „sugar cane moth borer", *Diatraea saccharalis F.*, herabsetzen zu können. Holloway, Haley & Loftin[3]) haben nun durch ihre Versuche in Louisiana nachgewiesen, daß die Maßnahme gerade den entgegengesetzten Erfolg hat, da sich in den Abfällen nur verhältnismäßig wenige Schädlinge finden, die Abfälle vielmehr ein beliebter Überwinterungsplatz von Dipteren und Hymenopteren, unter ihnen zahlreiche Parasiten, sind. Auf der Zuckerversuchsstation in der Nähe von New Orleans wurden von 1915—1921 versuchsweise die Abfälle nicht verbrannt, während die Pflanzer im übrigen Staat diese Maßnahme fortsetzten; das Ergebnis der Versuche war, daß die Verluste durch *D. saccharalis* in einzelnen Jahren auf der Versuchsstation merklich geringer waren als im übrigen Staat Louisiana. Die gleichen Ergebnisse brachten auch die Beobachtungen und Versuche von Plank[4]) auf Kuba; sie zeigten, daß durch das Verbrennen der Abfälle die Parasitierung von *D. saccharalis* durch die Tachine *Lixophaga diatraeae Towsn.*, die Braconide *Apanteles diatraeae Mues.* und die Ichneumonide *Bassus (Microdus) stigmaterus Cress.* sehr ungünstig beeinflußt wird, ebenso wie auch die Entfernung der „dead hearts" aus den Pflanzungen eine Maßnahme war, die den Tachinenbefall erheblich herabsetzte. Eine Maßnahme zur Erhaltung und Begünstigung von Parasiten ist der Schutz von Pflanzen, die als Wirtspflanzen

---

[1]) Howard, L. O. & Fiske, W. F., 1911; Imms, A. D., 1937; Marchal, P., 1907; Sweetman, H. L., 1936.

[2]) Decaux, F., Destruction rationelle des insectes qui attaquent les arbres fruitiers, par l'emploi simultané des insecticides, des insectes auxiliaires, et par la protection et l'élévage de leurs ennemis naturels: les parasites. Journ. Soc. Hortic. France **22**, 1899, 158—184.

[3]) Holloway, T. E., Haley, W. E., Loftin, N. C., and Heinrich, C., The Sugar Cane Moth Borer in the United States. U. S. Dept. Agric., Techn. Bull. **41**, 1928.

[4]) Plank, H. K., Cutting Out Dead Hearts in Moth Stalkborer Control. Proc. 2nd Conf. Int. Soc. Sugar Cane Techs. Havana 1927, p. 62—63; Cuban Parasites of the Moth Stalkborer. Ebd. p. 68—69; Natural Enemies of the Sugar Cane Moth Stalkborer in Cuba. Ann. Entom. Soc. Amer. **22**, 1929, 621—640.

für einen Nebenwirt des Parasiten dienen. Wie Pepper & Driggers[1]) nachgewiesen haben, ist *Epiblema strenuana Walk.* (Fam. *Tortricidae*), die in *Ambrosia artemisiaefolia* („ragweed") lebt, in New Jersey ein Zwischenwirt für mehrere Parasiten der „oriental fruit moth", *Cydia (Laspeyresia) molesta Busck* (Fam. *Tortricidae*). In einem Pfirsichgarten, in dem *A. artemisiaefolia* in großer Zahl um die Bäume wuchs, war die Parasitierung der 1. Larvengeneration von *C. molesta* 75%, während in drei anderen Pfirsichgärten (in einem derselben waren sogar Parasiten künstlich ausgesetzt worden), in denen das Unkraut entfernt war, die Parasitierung nur 20% betrug. Eidmann[2]) hat bei der bayerischen Kiefernspannerkalamität im Jahre 1925 beobachtet, daß in den Revieren, in denen ein hoher Prozentsatz der Puppen des Kiefernspanners, *Bupalus piniarius L.*, parasitiert war, der Heidekrautspanner, *Hematurga atomaria L.*, sehr stark geschwärmt hatte. Die Aufzucht der Parasiten aus Heidekrautspannerpuppen ergab neben dem Hauptparasiten des Kiefernspanners: *Ichneumon nigritarius Grav.* noch vier weitere Schmarotzer dieses Schädlings. Eidmann ist daher der Ansicht, daß ein starker Bestand des Heidekrautspanners (dessen Raupe an Heidekraut, Ginster, Birke, Beifuß frißt) ein Parasitenreservoir darstellt, das unter Umständen bei der Vorbeugung und auch bei der biologischen Bekämpfung einer Kiefernspannerkalamität vorzügliche Dienste leisten kann. Die Beobachtung, daß in Unkräutern am Rande der Baumwollfelder lebende Rüsselkäfer Parasiten haben, die auch den Baumwollkapselkäfer, *Anthonomus grandis Boh.* („cotton boll weevil"), befallen, und daß diese Parasiten durch rechtzeitiges Schneiden der Unkräuter zur Parasitierung des Baumwollkapselkäfers gezwungen werden können, hat Hunter[3]) zu einem praktischen Versuch veranlaßt, der zu einer beträchtlichen Steigerung des Parasitierungsprozentes von *A. grandis* in den Versuchsfeldern geführt haben soll. Ähnliche Maßnahmen werden sich sicher auch in Zukunft noch häufig feststellen und anwenden lassen. Alle bisherigen Erfahrungen haben jedoch gezeigt, daß man in sie ebenso wenig übertriebene Hoffnungen setzen darf wie in die Erhaltung und Begünstigung anderer nützlicher Tiere (wie Vögel und Säugetiere) oder insektentötender Mikroorganismen. Dies zeigt allein schon die Beobachtung, daß viele der bisherigen Vorschläge gar nicht in die Tat umgesetzt wurden[4]) oder, wenn dies geschah, daß die entsprechenden Maßnahmen nach einiger Zeit, als zu wenig erfolgreich, nicht weiter angewendet wurden. Überdies müßten alle derartigen Maßnahmen, um überhaupt eine nennenswerte Wirkung auszuüben, in großen Gebieten von allen Besitzern durch-

[1]) Pepper, B. B., and Driggers, B. F., Non-economic Insects as intermediate Hosts of Parasites of the Oriental Fruit Moth. Ann. Entom. Soc. Amer. **27**, 1934, 593—598.

[2]) Eidmann, H., Beobachtungen an parasitierten Kiefernspannerpuppen. Forstwissensch. Zentralbl. **47**, 1925, 357—392. Der Kiefernspanner in Bayern 1925. Ztschr. angew. Entom. **12**, 1926, 51—90.

[3]) Nach Howard & Fiske (1911), p. 20.

[4]) Z. B. die biologische Bekämpfung der Traubenwickler, wie sie von Schwangart (Über die Traubenwickler und ihre Bekämpfung, mit Berücksichtigung natürlicher Bekämpfungsfaktoren. Festschrift R. Hertwig **2**, Jena, 1910, 463—534; II. Teil, Jena, 1913; Anmerkungen zur biologischen Bekämpfung der Traubenwickler. Anz. f. Schädlingsk. **5**, 1929140—142) und Jordan (Über künstliche Infizierung des Heuwurms mit Schmarotzerinsekten. Ztschr. angew. Ent. **2**, 1915, 149—157) empfohlen wurde.

geführt werden; bei örtlich beschränkter Anwendung wird nur ein Bruchteil der Insektenpopulation betroffen und der Erfolg in keinem Verhältnis zu dem hohen Aufwand an Zeit und Arbeit stehen.[1]) Hinsichtlich des Anbaus für Zwischenwirte geeigneter Nährpflanzen hat bereits Knoche[2]) darauf hingewiesen, „daß zu dem Erfolg nicht nur allein der gelungene Anbau gehört, sondern, daß vor allem auch Massenvermehrung des Hauptschädlings und des Zwischenwirtes normal in dieselben Jahre fallen müssen".

Die zweite Möglichkeit der Nutzbarmachung einheimischer Insekten besteht in der künstlichen Verschiebung des Zahlenverhältnisses zwischen Schädling und Nützling zugunsten des letzteren, entweder durch Massenzucht des Nützlings im Insektarium und Aussetzung am Orte des Schädlingsauftretens oder durch Sammeln des Nützlings im Freien und Verbringen in Schädlingsbezirke. Die letztgenannte Maßnahme ist in Kalifornien in großem Maße mit der Coccinellide *Hippodamia convergens Guér.* versucht worden.[3]) Dieser Marienkäfer, ein Blattlausfresser, ist im Versuchsgebiet allgemein verbreitet, jedoch nicht in der Lage die zahlreichen Blattläuse zu vertilgen. Im Herbst sammeln sich die Käfer in den Schluchten der Sierra Nevada, um dort zu überwintern. Diese Lebensgewohnheit machte man sich zunutze und sammelte vor der Schneeschmelze im Frühjahr an den Überwinterungsplätzen große Mengen der Coccinellide und brachte sie nach Sacramento, wo sie bei geeigneter Temperatur bis zu ihrer Verwendung aufbewahrt wurden. Farmer, die über starkes Blattlausauftreten berichteten, erhielten Sendungen von *H. convergens*, die dann ausgesetzt wurden; trotz der beträchtlichen Sterblichkeit, die bei der Aufbewahrung unter den Käfern eintrat, wurden unter den Farmern in einer Saison bis zu 75 Millionen Marienkäfer verteilt. Diese Maßnahme wurde von der „State Horticultural Commission" 7 Jahre lang durchgeführt, bevor sie eingehender auf ihren wirklichen Erfolg geprüft wurde. 1918 und 1919 führt W. M. Davidson eine Reihe von Versuchen über die Verbreitung der Käfer nach der Aussetzung durch. Nachdem eine große Zahl von Marienkäfern gesammelt und durch Farben markiert worden war, wurden sie an geeigneten Orten in Freiheit gesetzt. Es ergab sich nun, daß die Käfer sich so schnell über weite Gebiete verteilten, daß sie nur von ganz geringem Nutzen bei der Unterdrückung örtlichen Blattlausauftretens sein konnten; nur 1 Stück von je 65000 gezeichneten Exemplaren wurde wiedergefunden. Für die künstliche Massenzucht besonders geeignet sind die Arten der Chalcididengattung *Trichogramma*[4]), die sehr polyphage Eiparasiten sind. Durch

[1]) Thompson, W. R. On the Effect of Methods of Mechanical Control in the Progress of Introduced Parasites of Insect Pests. Bull. Entom. Res., **18**, 1927, 13—16.

[2]) Knoche, E., Die biologische Bekämpfungsmethode als Kampfmittel gegen Forstinsekten. Ztschr. Forst- u. Jagdwesen **53**, 1921, 644—663, 728—750.

[3]) Davidson, W. M., Observations and Experiments on the Dispersion of the Convergent Lady-Beetle (*Hippodamia convergens* Guérin) in California. Trans. Amer. Entom. Soc. **50**, 1924, 163—175.

[4]) Ausführliche Literaturverzeichnisse bei Hase (1925) und Marchal (1936); dort auch Angabe der morphologisch taxonomischen Literatur. — Barber, G. W., Efficiency of *Trichogramma minutum Ril.* in Relation to Population Density of its Host. Journ. Econ. Entom. **29**, 1936, 631; Bare, C. O., Some Remarks concerning the Egg Parasite, *Trichogamma minutum Ril.*, in Florida. Ebd. **28**, 1935, 803—815; Clausen, C. P., The Organisation of Biological Control Work in the United States. Conference on Biological Methods of Controlling Insect

die Bemühungen zahlreicher Entomologen, in den Vereinigten Staaten namentlich von Flanders, in Europa besonders von Hase, wurden die Zuchtmethoden

Pests, Belleville, Ont., 1936. Dom. Canada, Dept. Agric., Entom. Branch, Ottawa, o. J., 13—18 (vervielfältigter Abdruck); Eidmann, H., Zur Kenntnis der Eiparasiten der Forleule, insbesondere über die Entwicklung und Ökologie von *Trichogramma minutum Ril.* Die Forleule in Preußen im Jahre 1933, Hannover 1934, S. 56—77; Ferrière, C. et Faure, J.-C., Sur *Trichogramma evanescens Westw.* parasite des œufs de *Pieris brassicae L.* Rev. Path. Végét. et Entom. Agric. **11**, 1924, 104—118; Flanders, S. E., Biological Control of the Codling Moth. Journ. Econ. Entom. **20**, 1927, 644; Developments in *Trichogramma* Production. Ebd. **21**, 1928, 512; The Production and Distribution of *Trichogramma.* Ebd. **22**, 1929, 245—248; The Mass Production of *Trichogramma minutum Ril.* and Observations on the Natural and Artificial Parasitism of the Codling Moth Egg. IV. Intern. Entom. Congr. Ithaca 1928. **2**, 1929, 110—130; The Temperature Relationships of *Trichogramma minutum* as a basis for racial determination. Hilgardia **5**, 1931, 396—406; Two described Species of *Trichogramma* validated. Pan-Pacif. Entomologist **11**, 1935, 79; Host Influence on the Prolificency and Size of *Trichogramma.* Ebd. **11**, 1936, 175—177; Habitat Selection by *Trichogramma.* Ann. Entom. Soc. America **30**, 1937, 208—210; Harland, S. C., and Atteck, O. M., Breeding Experiments with Biological Races of *Trichogramma minutum* in the West Indies. Ztschr. indukt. Abstamm.- u. Vererbungslehre **54**, 1933, 54—76; Hase, A., Beiträge zur Lebensgeschichte der Schlupfwespe *Trichogramma evanescens Westw.* Arb. a. d. Biol. Reichsanst. **14**, 1925, 171—224; Experiments with *Trichogramma evanescens.* Intern. Corn Borer Investigations, Sci. Rpts. **2**, 1929, 85—89; Hinds, W. E., Osterberger, B. A., and Dugas, A. L., Sugarcane Borer Control by *Trichogramma* in Louisiana. Journ. Econ. Entom. **27**, 1934, 788—795; Hinds, W. E., and Spencer, H., Utilisation of *Trichogramma minutum* for Control of the Sugar-Cane Borers. Ebd. **21**, 1928, 273—278; Howard, L. O., and Fiske, W. F., 1911; Imms, A. D., 1937; King, C. B. R., A Further Trial with *Trichogramma.* Tea Quart. **8**, 1935, 140—147; Marchal, P., Contribution à l'étude génotypique et phénotypique des Trichogrammes. Compt. Rend. Acad. Sci. **185**, 1927, 489—493; Les lignes naturelles de Trichogrammes. Ebd. **185**, 1927, 521—523; Les Trichogrammes. Ann. Épiph. et Phytogénet. N. S. **2**, 1936, 447—550; Nikolsky, M. A. The Principles for Biological Control of the injourious Insects by means of Egg Parasites g. *Trichogramma.* Plant Prot., Fasc. **3**, 1932. 1933, 25—34; Peterson, A., A Biological Study of *Trichogramma minutum Ril.* as an Egg Parasite of the Oriental Fruit Moth. U. S. Dept. Agric., Techn. Bull. **215**, 1930; Salt, G., The Egg Parasite of *Sialis lutaria.* Parasitology **29**, 1937, 539—553; Smith, H. S., and Flanders, S. E., Is *Trichogramma* becoming a Fad? Journ. Econ. Entom. **24**, 1931, 666—672; Smyth, E. G., Technique in the Mass Production of *Trichogramma.* Ebd. **26**, 1933, 768—774; Spencer, H., Brown, L., and Phillipps, A. M., New Equipment for obtaining Host Material for the Mass Production of *Trichogramma minutum*, an Egg Parasite of various Insect Pests. U. S. Dept. Agric., Circ. **376**, 1935; Stellwaag, F., Neuere Erfahrungen in der biologischen Bekämpfung schädlicher Insekten. Verhandl. Deutsch. Gesellsch. angew. Entomologie. 7. Mitgliederversamml. München 1928. 1929, 15—31; Tomaszewski, W., Über eine erfolgreiche Massenzucht von *Trichogramma minutum Ril.* Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutzd. **13**, 1933, 41—43; Tucker, R. W. E., The Control of *Diatraea saccharalis* in Barbados by Mass Liberations of *Trichogramma minutum.* Tropic. Agric. **7**, 1930 292—295; Voelkel, H., Über die praktische Bedeutung der Schlupfwespe *Trichogramma evanescens Westw.* Arb. a. d. Biol. Reichsanst. **14**, 1925, 97—108; Wellenstein, G., Biologische Freilandversuche über die Verwendbarkeit der Eiparasiten *Trichogramma minutum Ril.* und *Trichogramma evanescens Westw.* zur Bekämpfung der Forleule. Die Forleule in Preußen im Jahre 1933, Hannover 1934, S. 78—101; Die biologische Bekämpfung der Forleule durch den Eiparasiten *Trichogramma minutum Ril.* Ebd. S. 153—185.; Wishart, G, Large Scale Production of the Egg Parasite *Trichogramma minutum Riley.* Canad. Entom. **61**, 1929, 73—76; Zappe, M. P., Turner, N., and Shread, J. C., Control of the Eurpean Corn Borer 1936. Conn. Stat. Entom., 36. Rpt., Comm. Agric. Exper. Stat., Bull. **396**, 1937, 343—344; Zwölfer, W., Untersuchungen zur Biologie und Bekämpfung des Maiszünslers *(Pyrausta nubilalis Hb.)* in Süddeutschland. II. Teil. Arb. a. d. Biol. Reichsanst. **17**, 1929, 461—500.

ständig verbessert; Flanders hat die „fabrikmäßige" Zucht der nordamerikanischen *Trichogramma minutum Ril.*, bei der sich die Getreidemotte, *Sitotroga cerealella Oliv.*, als günstigster Wirt ergeben hat, so ausgearbeitet, daß 1927 bereits täglich 200000 Exemplare gezogen werden konnten; 1928 war eine tägliche Produktion von 1 Million *Tr. minutum* möglich, so daß zahlenmäßig die Voraussetzungen für erfolgreiche Aussetzungen gegeben sind. Seit Howards & Fiskes im Jahre 1907 begonnenen Untersuchungen[1]) sind denn auch zahlreiche Versuche zur praktischen Verwendbarkeit von *Trichogramma*-Arten durchgeführt worden. Während einesteils über günstige Erfolge mit *Tr. minutum* berichtet wird, so bei der Bekämpfung von *Diatraea saccharalis F.* in Louisiana (Hinds & Spencer, 1928, Hinds, Osterberger & Dugar, 1934) und auf Barbados (Tucker, 1930; 1929 wurden hier z. B. fast 23 Millionen ausgesetzt), werden anderenteils Fehlschläge mitgeteilt, so bei der Anwendung gegen *Carpocapsa pomonella L.* in den Vereinigten Staaten (Clausen, 1936), gegen *Homona coffearia Nietn.* auf Ceylon (King, 1935) und gegen *Panolis flammea Schiff.* in Pommern (Wellenstein, 1934). Ähnliche widersprechende Ergebnisse wurden auch bei der Verwendung der paläarktischen *Trichogramma evanescens Westw.* erzielt; während ein Versuch Voelkels (1925) zur Parasitierung der Eier von *Mamestra brassicae L.* und *Pieris brassicae L.* auf einer kleinen Versuchsfläche in Berlin erfolgreich verlief, mißlangen die Versuche von Zwölfer (1929) gegen *Pyrausta nubilalis Hb.* in Baden und von Stellwaag (1929) gegen *Clysia ambiguella Hb.* und *Polychrosis botrana Schiff.* in der Rheinpfalz. Die Möglichkeit ausgedehnter Massenzuchten von *Trichogramma* bietet eine gewisse Aussicht auf praktische Verwendbarkeit; in den letzten Jahren haben sich jedoch immer deutlicher Schwierigkeiten biologischer Art herausgestellt, welche die Nutzbarmachung von *Trichogramma* komplizieren und wohl auch den so verschiedenen Ausgang der bisherigen Versuche veranlaßt haben. Es hat sich gezeigt, daß sich bei den *Trichogramma*-Arten, z. B. *Tr. minutum* oder *Tr. evanescens* zahlreiche „Biotypen" (Marchal, 1936) unterscheiden lassen, die sich in vielen für die praktische Verwendbarkeit wichtigen Punkten, wie z. B. in der Fortpflanzungsart, in der Wirtswahl, im Aufsuchen des Wirtes, in der Generationenzahl, in der Reaktion gegenüber Umweltsbedingungen, verschieden verhalten. Dazu kommt eine weitgehende Unklarheit in der Taxonomie der Gattung *Trichogramma*, die teils durch das Vorkommen dieser Biotypen bedingt sein mag, teils aber auf der Schwierigkeit beruht, geeignete morphologische Charaktere für die Unterscheidung aufzufinden, so daß von manchen Autoren eine Reihe von Arten, z. B. *Tr. minutum Ril., pretiosum Ril., fasciatum Perk., evanescens Westw., semblidis Auriv., embryophagum Htg., piniperdae Wolff*, unterschieden werden, während andere einen Teil dieser Arten jeweils als Synonyme ansehen und noch andere nur eine Art: *Tr. evanescens Westw.* anerkennen; wie weit es sich bei den einzelnen, teils morphologisch, teils morphologisch und physiologisch, teils nur physiologisch unterschiedenen oder unterscheidbaren Formen um Arten, Rassen,

[1]) Bei der Schilderung dieser Versuche haben Howard & Fiske (1911) bereits eingehend die Schwierigkeiten der Unterscheidung der *Trichogramma*-Arten oder -Rassen und ihre Verschiedenheiten in biologischer Beziehung erörtert.

Biotypen oder Zuchtstämme handelt und wieweit die einzelnen Formen gegen bestimmte Schädlinge benutzt werden können, bedarf, bevor größere praktische Versuche durchgeführt werden, noch sehr der Klärung; Anfänge hierzu sind bereits durch die Untersuchungen von Flanders (1931, 1936, 1937), Harland & Atteck (1933), Bare (1935), Barber (1936) und P. Marchal (1936) gemacht worden, während sich Smith & Flanders (1931) um die Klarstellung der für die Beurteilung praktischer Versuche mit *Trichogramma* notwendigen Feststellungen bei der Kontrolle bemüht haben.

Die Nutzbarmachung einheimischer nützlicher Insekten durch Erhaltung und künstliche Vermehrung des Bestandes ist bei Ameisen *(Formicidae)* vorgeschlagen und versucht worden, so z. B. bei der roten Waldameise, *Formica rufa L.*, die in Deutschland durch Vertilgung von Forstschädlingen, z. B. der Forleule, *Panolis flammea Schiff.*, sehr nützlich wird[1]). Schulz, der sich um die Technik der künstlichen Vermehrung der roten Waldameise verdient gemacht und in der von ihm verwalteten Oberförsterei jahrzehntelang eine groß angelegte Ansiedlung von Ameisen durchgeführt hat, berichtet, daß bei gleichzeitigem starken Nonnen- und Eulenfraß eine Fläche von etwa 1 ha um eine Kolonie völlig vom Fraß verschont blieb, während in den Revieren, die noch nicht künstlich mit Ameisen besiedelt waren, nesterweise Kahlfraß festgestellt wurde; ebenso reichten nach Schulz bei starkem Nonnenfraß 40 Kolonien Ameisen vollkommen aus, 20 ha Kiefernstangenhölzer vor jedem Fraß zu schützen.

Die Überführung einheimischer nützlicher Insekten von einem Ort, an dem sie häufig sind, an einen anderen, an dem sie fehlen, an dem aber der gleiche Schädling vorkommt, dessen Feinde sie an ihrem Heimatsort sind, hat manches mit der „Einführung" nützlicher Insekten gemeinsam und erscheint daher aussichtsreicher als die übrigen bisher geschilderten Maßnahmen zur Nutzbarmachung einheimischer Parasiten und Räuber, insbesondere dann, wenn das Fehlen der nützlichen Insekten durch physiographische Verbreitungsschranken bedingt wird; wenn jedoch ihre Abwesenheit klimatischen Ursachen zuzuschreiben ist, wird die Aussicht auf Einbürgerung sehr beschränkt sein. Die ersten Versuche in dieser

---

[1]) Behrndt, G., Die Bedeutung der roten Waldameise bei Forleulenkalamitäten. Ztschr. Forst- u. Jagdw. **65**, 1933, 479—498; Eidmann, H., Der Nutzen der Ameisen. Anz. f. Schädlingsk. **1**, 1925, 85—89; Weitere Beobachtungen über den Nutzen der roten Waldameise. Ebd. **3**, 1927, 49—51; Die forstliche Bedeutung der roten Waldameise. Ztschr. angew. Entom. **12**, 1927, 298—331; Die wirtschaftliche Bedeutung der Ameisen. Verhandl. Dtsch. Ges. angew. Entom. 6. Mitglieder-Versammlung Wien. 1926. 1927, 28—37; The Economica Value of Ants for our Forests. IV. Intern. Congr. Entom. Ithaca 1928. **2**, 1929, 354—355; Escherich, H., Zur Frage der künstlichen Ameisenvermehrung. Dtsch. Forstwirt **6**, 1924, 1213 bis 1215; Gößwald, Die künstliche Verbreitung der roten Waldameise, *Formica rufa L.*, unter besonderer Berücksichtigung ihrer Bionomie und Ökologie. Forstwiss. Ztrbl. **55**, 1933, 333—340; Krauße, A., u. Schulz, Unsere Ameisen, besonders die Waldameise und ihre künstliche Vermehrung. Forstl. Flugbl., Nr. 13, Neudamm o. J.; Prell, H., Ameisen als Schutz gegen Raupenfraß. Forstl. Wochenschr. Silva. **1925**, Nr. 7; Schulz, Insektenschäden in Schlesien. Dtsch. Forstztg. **23**, 1908, 742—745; Künstliche Vermehrung der Ameisen. Dtsch. Forstwirt **6**, 1924, 989—990; Nochmals: Künstliche Vermehrung der Waldameisen. Ebd. **7**, 1925, 213—215; Wellenstein, G., Beiträge zur Biologie der roten Waldameise *(Formica rufa L.)* mit besonderer Berücksichtigung klimatischer und forstlicher Verhältnisse. Ztschr. angew. Entom. **14**, 1928, 1—68.

Richtung sind bereits von Ratzeburg[1]) 1840 mitgeteilt wurden; er berichtet, daß Zimmer im Jahre 1837 und 1838 bei einem Fraß des Kiefernspinners, *Dendrolimus pini L.*, mit sehr gutem Erfolg Raupen aus Fraßorten mit starkem Auftreten von Parasiten in solche mit gesunden Raupen übertragen ließ. Eine ähnliche erfolgreiche Maßnahme ist neuerdings von Hazelhoff[2]) auf Java zur Bekämpfung eines Zuckerrohrschädlings, der „witte wolluis", *Oregma lanigera Zehnt.* (Fam. *Aphididae*) durchgeführt worden. Er brachte die einheimische Chalcidide *Encarsia flavoscutellum Zehnt.* aus Feldern, in denen sie zahlreich vorkam und den Schädling wirksam verminderte, in Felder, in denen sie fehlte, indem gleichzeitig in den Feldern mit starkem Parasitenbefall mit der chemischen Bekämpfung ausgesetzt wurde. Da in Java eine dreijährige Fruchtfolge im Gebrauch ist (ein Drittel der Felder eines Bezirkes wird jedes Jahr mit Zuckerrohr bepflanzt und während der nächsten beiden Jahre den Eingeborenen zum Anbau von Reis und anderen Pflanzen überlassen), muß sowohl die Blattlaus wie ihr Parasit jedes Jahr von den alten zu den jungen Feldern wandern, wobei der Parasit, der ein sehr geringes Ausbreitungsvermögen hat, hinter dem Schädling zurückbleibt.

Gegen einen anderen Zuckerrohrschädling: *Olethreutes schistaceana Snell.* (Fam. *Tortricidae*) hat Pierce[3]) auf der Philippineninsel Negros ebenfalls durch künstliche Verbreitung von Eiparasiten Erfolge erzielt; in den Monaten September bis Februar betrug die Parasitierung der Eier 1927/28 nur 19%, 1928/29 bereits 43% und 1929/30 79,5%. Zu erwähnen sind hier auch noch die Versuche, die Hunter[4]) 1907 in Kansas zur Bekämpfung des Weizenschädlings *Rhopalosiphon (Toxoptera) graminum Rond.* (Fam. *Aphididae*) durch Einführung des infolge größerer Temperaturabhängigkeit in seiner Ausbreitung hinter dem Wirt zurückgebliebenen Parasiten *Lysiphlebus testaceipes Cress. (tritici Ashm.)* mit Erfolg durchführte.

Ein weiteres Beispiel, das zugleich auch die Möglichkeit der biologischen Bekämpfung eines eingeschleppten Schädlings durch einen im neuen Land einheimischen Parasiten zeigt, ist die Verwendung der Braconide *Macrocentrus*

---

[1]) Ratzeburg, J. Th. Ch., Die Forst-Insecten. **2**, Berlin 1840, S. 38; Die Waldverderber. Berlin 1841, S. 10—11.

[2]) Hazelhoff, E., Biologische Bestrijding van de witte wolluis *(Oregma lanigera Zehnt.)* door overbrenging van den inheemschen parasiet *Encarsia flavo-scutellum Zehnt.* Meded. Proefstation Java-Suikerind. **11**, 1927, 543—556; Entomologisch onderzoek. Verslag Proefst. Java-Suikerind. 1927, 57—82; 1928, 96—111; Biologische Bestrijding van Insectenplagen met behulp van inheemsche Parasieten. Handel. 5. Nederl.-Ind. Naturwetensch. Congress 1928, 437—444; Witteluisbestrijding en biologie der boordereiparasieten. 10. Suikercongress Soerabaja 1928 (Sep. o. O. und o. J.); Bestrijding der witte wolluis. Arch. Suikerind. Ned.-Ind., No. 28, 1929, 669—676; Biological Control of *Oregma lanigera* in Java. 3. Conf. Intern. Soc. Sugar Cane Technol., Sourabaya 1929; Biological Control of a Sugar-cane Aphid by transferring its Native Parasite from the Old to the Young Fields. V. Intern. Congr. Entom. Ithaca 1928. **2**, 1929, 55—61.

[3]) Pierce, W. D., The Sugar Cane Insect Problem in Negros. Proc. Entom. Soc. Washington. **32**, 1930, 99—104.

[4]) Hunter, S. J., The Green Bug and its Enemies. Bull. Univ. Kansas **9**, 1909, No. 2.

ancylivorus Rohw.[3]) gegen die um 1913 vermutlich aus Japan nach den Vereinigten Staaten eingeschleppte „Oriental fruit (peach) moth", *Cydia molesta Busck* (die auch nach Kanada, Italien und Frankreich verschleppt wurde und namentlich an Pfirsichen, in Trieben und Früchten, schädlich wird). Weitaus besser zur Bekämpfung des Schädlings als mehrere eingeführte Parasiten hat sich der nordamerikanische *M. ancylivorus* gezeigt, dessen einheimischer Wirt der

[3]) Allen, H. W., The Mass Production of *Macrocentrus ancylivorus*, a Parasite of the Oriental Fruit Moth, and its Distribution from southern New Jersey. Journ. Econ. Entom. **24**, 1931, 309—314; Present Status of Oriental Fruit Moth Parasite Investigations. Ebd. **25**, 1932, 360—367; Allen, H. W., and Haeussler, G. J., An Attempt to establish an American Parasite of the Oriental Fruit Moth in France. Ebd. **25**, 1932, 1148—1159; Bartlett, K. M., The Introduction and Colonization in Puerto Rico of *Macrocentrus ancylivorus*. Puerto Rico Exper. Stat. U. S. Dept. Agric., Agric. Notes, No. 80, 1937, 1—4; Britton, W. E., Connecticut State Entomologist, 31. Rpt. 1931, Connect. Agric. Exper. Stat. Bull. **338**, 1932, 499—603; 32. Rpt., Bull. **349**, 1933, 365—460; 35. Rpt., Bull. **383**, 1936, 245—366; Chandler, S. C., and Flint, W. P., The Latest Methods of Fighting the Oriental Fruit Moth. Trans. Ill. Hort. Soc. 1935. **69**, 1936, 485—493; Daniel, D. M., Technique employed in transferring Parasites of the Oriental Peach Moth *(Laspeyresia molesta Busck)*. Journ. Econ. Entom. **22**, 1929, 801—805; Oriental Peach Moth Parasite Work in New York. Ebd. **23**, 1930, 215—217; *Macrocentrus ancylivorus Rohw.*, a polyembryonic Braconid Parasite of the Oriental Fruit Moth. New York Stat. Agric. Exper. Stat., Techn. Bull. **187**, 1932; Mass Liberation of the Oriental Fruit Moth Parasite. Journ. Econ. Entom. **29**, 1936, 459—461; Driggers, B. F., Recent Experiments on Oriental Peach Moth Control in New Jersey. Ebd. **23**, 1930, 209—215; Some Studies on the Larval Parasites of the Oriental Peach Moth *(Laspeyresia molesta Busck)*. New Jersey Agric. Exper. Stat., Bull. **510**, 1930; Fink, D. E., The Biology of *Macrocentrus ancylivora Rohw.* an important Parasite of the Strawberry Leaf Roller *(Ancylis comptana Froehl.)*. Journ. Agric. Res. **32**, 1926, 1121—1134; Garman, P., The Oriental Peach Moth in Connecticut. Conn. Agric. Exper. Stat., Bull. **313**, 1930; Oriental Fruit Moth Parasite Work in Connecticut 1930. Journ. Econ. Entom. **24**, 1931, 315—316; Notes on Breeding *Macrocentrus ancylivorus* from reared Hosts. Ebd. **26**, 1933, 330—334; Garman, P., and Brigham, W. T., Further Notes on Breeding *Macrocentrus ancylivorus* on Larvae of the Oriental Fruit Moth. Ebd. **28**, 1935, 204—205; Haden, W. R., Parasitism of the Oriental Fruit Moth with special Reference to the Importance of certain Alternate Hosts. Delaware Agric. Exper. Stat., Bull. **194**, 1935; Haeussler, G. J., The Oriental Peach Moth. Trans. Peninsul. Hort. Soc. 1929. 1929, 80—86; Parasites of the Oriental Peach Moth, *Laspeyresia molesta Busck*, in North America. Journ. Agric. Res. **41**, 1930, 365—377; *Macrocentrus ancylivorus Rohw.* an Important Parasite of the Oriental Fruit Moth. Ebd. **45**, 1932, 79—100; The Oriental Fruit Moth, *Grapholitha molesta Busck*, and its Parasites in France and Italy. V. Congr. Intern. Entom. Paris 1932. **2**, 1933, 533—537; Imms, A. D., 1937; Marlatt, C. L., Report of the Chief of the Bureau of Entomology. Washington 1931; Mc Connell, H. S., Parasitism and Over Winter Control of Peach Moth. Trans. Peninsul. Hort. Soc. 1931. o. J., 105—108; Oriental Fruit Moth Parasites in Maryland. Journ. Econ. Entom. **25**, 1932, 367—370; Merill, J. M., Oriental Fruit Moth Parasites in Michigan. Ebd. **26**, 1933, 788—792; Neiswander, R. B., Oriental Fruit Moth Investigations in Ohio. II. Ohio Agric. Exper. Stat., Bull. **569**, 1936; Stearns, L. A., The Larvae Parasites of the Oriental Peach Moth *(Laspeyresia molesta Busck)* with special Reference to the Biology of *Macrocentrus ancylivora Rohwer*. New Jersey Agric. Exper. Stat., Bull. **460**, 1928; Steenburgh, W. E., Notes on the Natural and Introduced Parasites of the Oriental Peach Moth *(Laspeyresia molesta Busck)* in Ontario. 60. Ann. Rpt. Entom. Soc. Ontario 1929. o. J., 124—130; The Biological Control Factors affecting the Abundance of the Oriental Peach Moth *(Laspeyresia molesta Busck)* in Ontario during 1930. 61. Ann. Rpt. 1930. 1931, 57—63; The Parasites of the Oriental Fruit Moth in Ontario 1931. 62. Ann. Rpt. 1931. 1932, 66—69.

„strawberry leaf roller", *Ancylis comptana Froehl.* ist. *M. ancylivorus* kann künstlich in großer Zahl gezogen und, wo notwendig, überall ausgesetzt werden; auf diese Weise ist er weit, auch an viele Orte, wo er früher nicht vorkam, verbreitet worden. Hierbei hat sich gezeigt, daß durch den New Jersey-Zuchtstamm der Parasiten ein höherer Parasitierungsgrad erzielt werden kann als durch Tiere aus anderen Gegenden. Diese sogenannte Rasse wird daher jetzt in vielen Staaten zur künstlichen Zucht mit nachfolgender Aussetzung verwendet und als wirksamster Faktor in der biologischen Bekämpfung von *C. molesta* angesehen. *(M. ancylivorus* ist auch nach Japan, Italien und Porto Rico eingeführt worden.) Endlich ist auch noch als weiteres Beispiel die oben schon eingehend bei der Einführung nützlicher Insekten behandelte Chalcidide *Aphelinus mali Hald.*[1]) zu nennen. Sie ist, wie dort bereits mitgeteilt wurde, der einheimische Parasit der in Nordamerika beheimateten Blutlaus, *Eriosoma lanigerum Hausm.*; infolge unbekannter Ursachen ist sie jedoch ihrem Wirt bei dessen Ausbreitung in Nordamerika nicht in die nordwestlichen (pazifischen) Küstengebiete gefolgt. Die nachträgliche künstliche Einbürgerung von *A. mali* hat sich dort, z. B. in Oregon, wo er 1928 und 1929 von Michigan aus eingeführt wurde, gut bewährt.

d) Verwendung von Insekten zur Bekämpfung von Unkräutern[2])

Die Verwendung von Insekten zur Bekämpfung von schädlichen Pflanzen ist ebenso, wie oben für die Verwendung von Insekten zur Bekämpfung von Schadinsekten geschildert wurde, mit Erfolg bisher nur gegen Unkräuter versucht worden, die ohne ihre natürlichen Feinde in ein fremdes Land eingeschleppt wurden. Diese Maßnahme der biologischen Bekämpfungsmethode, die wie bei der Einführung nützlicher Insekten in der Nachholung der natürlichen Feinde besteht, muß aber naturgemäß bei der praktischen Ausführung von den gegenteiligen Grundästzen ausgehen: Im Falle der Einführung nützlicher Insekten ist vom menschlichen Standpunkt aus die Kulturpflanze nützlich, das eingeschleppte an ihr fressende (phytophage) Insekt schädlich und seine natürlichen einzuführenden (zoophagen) Feinde nützlich; umgekehrt ist vom menschlichen Standpunkt aus gesehen die Pflanze, wenn es sich um ein eingeschlepptes Unkraut handelt, schädlich, die an ihre fressenden (phytophagen) einzuführenden Insekten nützlich und deren (zoophage) Feinde, die von der Miteinführung ausgeschlossen werden

[1]) Childs, L., and Gillespie, D. G., Notes on the Introduction of the Woolly Aphis Parasite *Aphelinus mali.* Journ. Econ. Entom. **23**, 1930, 790—794; Production and Spread of the Woolly Aphis Parasite, *Aphelinus mali*, in the Hood River Valley. Ebd. **25**, 1932, 1013—1016; Glendenning, R., The Progress of Parasite Introduction in British Columbia. Proc. Entom. Soc. British Columbia, Nr. 28, 1931, 29—32; Venables, E. P., *Aphelinus mali* Hald., a Parasite of the Woolly Aphis. Ebd. p. 16—18.

[2]) Imms, A. D., Remarks on the Problem of the Biological Control of Noxious Weeds. IV. Internat. Congr. Entom. Ithaca 1928. **2**, 1929, 10—17; Biological Control. II. Noxious Weeds. Tropic. Agric., **8**, 1931, 124—127; Recent Advances in Entomology. 2. edit. London 1937; Silvestri, F., The Biological Control of Insects and Weed Pests. Journ. South-Eastern Agric. Coll., No. 30, 1932, 87—96; Rapporto tra insetti di piante spontanee e piante coltivate; lotta biologica contro piante dannose. Italia Agricola **70**, 1933, 91—119; Sweetman, H. L., 1936; Tillyard, R. J., The Biological Control of Noxious Weeds. IV. Internal. Congr. Entom. Ithaca 1928. **2**, 1929, 4—9; The Entomological Control of Noxious Weeds in the Pacific Region. Proc. 5th Pacific. Sci. Congr. Canada 1935. **5**, 1934, 3547—3557.

müssen, schädlich. Die große Gefahr der Methode liegt nun darin, daß die zur Bekämpfung eines Unkrautes einzuführenden phytophagen Insekten auf Kulturpflanzen übergehen können. Bei der Verwendung von Insekten zur Bekämpfung von Unkräutern ist daher folgendes zu beachten: Von der zu verwendenden Insektenart muß bekannt sein, daß sie in der Heimat des Unkrauts auf dieses einen vermindernden Einfluß ausübt. Es kommen nur Insektenarten in Frage, die eng auf das Unkraut selbst oder wenige andere Pflanzen ohne wirtschaftliche Bedeutung spezialisiert sind. Bei manchen Unkräutern, wie den morphologisch und physiologisch so besonders organisierten *Opuntia*-Arten, wird es leicht sein, Feinde zu finden, die auf sie beschränkt sind, und bei denen keine Gefahr besteht, daß sie auf Kulturpflanzen mit sehr verschiedenen Eigenschaften übergehen. Handelt es sich dagegen um Unkräuter, die nahe verwandt mit wirtschaftlich wichtigen Pflanzen sind, muß äußerste Vorsicht angewandt werden; so ist es z. B. bei Unkräutern, die zu den Rosaceen gehören, stets möglich, daß in neuer Umgebung Insekten, die normalerweise auf eine Gattung oder Art beschränkt sind, auf die eine oder andere der zahlreichen kultivierten Angehörigen dieser Pflanzenfamilie übergehen. Wenn man in solchen Fällen nicht lieber von einer Einführung von Unkrautfeinden absehen will, soll man sich wenigstens auf Insektenarten beschränken, die besonders spezialisierte Lebens- und Fraßgewohnheiten haben; in Wurzeln, Stengeln oder im Inneren von Samen und Früchten lebende Arten sind den Blattfressern vorzuziehen, da sie meist ihrem spezifischen Wirt enger angepaßt sind und geringere Gefahr besteht, daß sie in neuer Umgebung auf eine andere Wirtspflanze übergehen. Alle Insektenarten, die zur biologischen Bekämpfung von Unkräutern verwendet werden sollen, müssen sowohl in der Heimat wie nach der Einführung in das fremde Land (hier natürlich in Quarantäne) experimentell aufs sorgfältigste geprüft werden, ob sie noch andere Pflanzen als die eigentliche Wirtspflanze fressen. Selbstverständlich müssen auch alle Parasiten der unkrautfressenden Insekten bei deren Einführung in das fremde Land streng ausgeschlossen werden, da sonst die Möglichkeit besteht, daß sie, wenn die Bedingungen im neuen Land für sie besonders günstig sind, die nützliche Tätigkeit der unkrautfressenden Insekten völlig zunichte machen können.

Auch ist bei der Einführung unkrautvertilgender Insekten darauf zu achten, daß es Arten sind, deren Entwicklung den Entwicklungszuständen des Unkrautes zeitlich entspricht; daß z. B. die Eiablagezeit samenbefallender Arten mit der Blütezeit der Pflanze zusammenfällt. Schließlich ist auch noch dafür zu sorgen, daß ein Gebiet, das durch die Tätigkeit unkrautvertilgender Insekten von Unkraut befreit ist, in Kultur genommen und mit zweckmäßigen Pflanzen bebaut wird, damit nicht wieder andere Pflanzen, die vielleicht noch schwieriger zu vertilgen sind, von ihm Besitz ergreifen.

Der erste Versuch, Insekten zur Bekämpfung schädlicher Pflanzen zu verwenden, wurde auf Hawaii[1]) durchgeführt.

---

[1]) Imms, A. D., The Biological Control of Insect Pests and Injurious Plants in the Hawaiian Islands. Ann. Appl. Biol. **13**, 1926, 402—423; Perkins, R. C. L., and Swezey, O. H., The Introduction into Hawaii of Insects that attack Lantana. Bull. Exper. Stat. Hawaii. Sugar Plant. Assoc., Entom. Ser. No. 16, 1924; Swezey, O. H., Some Results of the Introduction of Beneficial Insects in the Hawaiian Islands. Journ. Econ. Entom. **8**, 1915, 450—456.

Um 1858 wurde dort von dem Botaniker Hillebrand die zur Familie *Verbenaceae* gehörende *Lantana camara L.* als Zierstrauch eingeführt. Begünstigt durch Klima und das Fehlen von Feinden, weiter verschleppt durch die ebenfalls eingeführten Vögel *Turtur chinensis Scop.* und *Acridotheres tristis L.*, breitete sich dieser Strauch schnell weiter aus und nahm besonders Gebiete, die als Weiden geeignet waren, in Besitz. Da *L. camara* auf Hawaii nur von wenigen einheimischen Insekten befallen wurde, die ihr keinen nennenswerten Abbruch tun konnten, wurde von A. Koebele und R. C. L. Perkins der Plan gefaßt, aus der Heimat (wärmere Gebiete Amerikas) der Pflanze ihre Feinde einzuführen. Koebele, der bereits 1898 in Mexiko einige Beobachtungen in dieser Hinsicht gemacht und Zuchten einiger *Lantana*-Insekten durchgeführt hatte, begab sich 1902 abermals nach Mexiko mit dem ausdrücklichen Auftrag, geeignete Feinde des Unkrautes festzustellen und nach Hawaii zu senden. Das Ergebnis war die Einführung von 23 Insektenarten, die nach Honolulu gesandt, dort von Perkins gezüchtet und verbreitet wurden. Acht von ihnen bürgerten sich ein und verbreiteten sich bis zum Jahre 1905 über die Inselgruppe; ihre (von Swezey, 1924, eingehend geschilderte) Bedeutung als Nützlinge war je nach dem an der *Lantana*-Pflanze ausgeübten Fraß verschieden. Am wichtigsten war die Tortricide *(Lepidoptera) Crocidosema lantana Busck*, deren Larve in den Blütenstengeln bohrt, Blüten und Früchte frißt und so die Produktion von Beeren vermindert. In ähnlicher Weise zerstört auch die Larve der Pterophoride *(Lepidoptera) Platyptilia pusillidactyla Walk. (lantana Busck)* die Blüten, wird aber im ganzen weniger bedeutungsvoll als *Cr. lantana*. Auch die Larven der beiden Lycaeniden *(Lepidoptera) Tmolus (Thecla) echion L.* und *Callizista thius Hb. (Th. bazochi God., agra Hew.)* vermindern durch Blütenfraß die Beerenproduktion; die Eier dieser beiden Arten werden von der Chalcidide *Pentarthron flavum Perk.* parasitiert und beide Lycaeniden so in ihrem Bestand vermindert; die Larve von *Th. echion* ist andererseits auch nicht ganz harmlos für Gartenpflanzen. Die Larve der Agromyzide *(Diptera) Ophiomyia (Agromyza) lantanae Frogg.* befällt die reifenden Beeren und zerstört entweder die reifenden Samen oder verursacht deren Vertrocknen. Die Tingitide *(Hemiptera) Teleonemia lantanae Dist.* zerstört die jungen Blätter in solchem Umfang, daß an manchen Orten die *Lantana*-Pflanzen im Wachstum gehemmt und am Blühen verhindert werden. Die Trypetide *(Diptera) Eutreta xanthochaeta Aldr.* vermindert durch die von ihr hervorgerufenen Gallen an den *Lantana*-Zweigen das Wachstum der Pflanze, ist jedoch von geringer Bedeutung, ebenso wie die Tineide *(Lepidoptera) Cremastobombycia lantanella Busck*, deren Larve in den Blättern miniert. Über die Wirksamkeit dieser natürlichen Feinde von *Lantana camara* hat Swezey (1924) berichtet, daß sie je nach den klimatischen und anderen Bedingungen verschieden war; in den trockenen Gebieten wurde *L. camara* stärker vermindert als in den feuchten; das Gebiet, das heute von dem Unkraut eingenommen wird, ist weit weniger ausgedehnt als früher; an manchen Orten ist dies der Tätigkeit der Insekten, längeren Trockenperioden und der Anwesenheit von Weidevieh zugleich zuzuschreiben. Auch in andere Länder, in denen *Lantana* als Unkraut auftritt, wurden *Lantana*-fressende Insekten eingeführt, so in Australien, auf den Fiji-Inseln, den Neuen Hebriden, Neukaledonien und in Indien (Mysore). Auf Fiji wurden 1910 *Ophiomyia lantanae Frogg.*, 1922 *Tmolus echion L.* und *Callizista thius Hb.* und 1928 *Teleonemia lantanae Dist.* zur Bekämpfung von *Lantana camara* und *crocea* ausgesetzt[1]), von denen *T. lantanae* nur bei trockener Witterung wirksam wird, während sich *T. echion* nicht einbürgerte. Die Agromyzide, *Ophiomyia lantanae Frogg.*[2]) hat sich in Queensland, wohin sie von Hawaii 1917 gebracht wurde, eingebürgert. Die Tingitide *Teloenemia lantanae Dist.*[3]) wurde

[1]) Silvestri, F., 1933; Simmonds, H. W., Lantana Bug, *Teleonemia lantanae, Dist.* Agric. Journ. Dept. Agric. Fiji **1**, 1929, 16—21; Biological Control of Noxious Weeds. Ebd. **7**, 1934, 3—10. — *Teleonemia lantanae Dist.* wurde von den Fiji-Inseln nach den Neuen Hebriden und Neukaledonien gebracht: Simmonds, W., Entomological Notes. Agric. Journ. Fiji **8**, 1935, 32.

[2]) Tryon, H., Report of the Entomologist and Vegetable Pathologist. Queensland Ann. Rpt. Dept. Agric. and Stock for the Year 1916—1917. 1917, 49—63; ... for the Year 1918—1919. 1919, 37—49; Veitch, R., Insect Enemies of Lantana. Queensl. Agric. Journ. **44**, 1935, 142—144.

[3]) Fyfe, R. V., The Lantana Bug, *Teleonemia lantanae Dist.* Journ. Counc. Sci. and Industr. Res. **10**, 1937, 181—186.

1935 von Fiji nach Canberra, Australien, gebracht, und nach Vermehrung durch Zuchten 1936 an je 1 Ort in Neusüdwales und Queensland, 1937 auch auf der Norfolk-Insel gegen *L. camara* in Freiheit gesetzt. Bei dem Vorkommen von *Ophiomyia lantanae Frogg.* in Indien (Bangalore, Travencore, Saharanpur, Bombay und Burma) ist es allerdings wenig wahrscheinlich, daß es von den wenigen 1921 in Mysore aus Hawaii eingeführten Exemplaren herrührt; man vermutet vielmehr, daß es sich bei *O. lantanae* um eine seit der Einführung der Lantana-Pflanze vorhandene, aber übersehene Art handelt.[1])

Die ausgedehnteste, bekannteste und erfolgreichste Bekämpfungsaktion gegen lästige Pflanzen mit Hilfe eingeführter Insekten wurde in Australien zur Vertilgung der „prickly-pears" durchgeführt.[2])

Von den neuweltlichen „Feigenkakteen" der Gattung *Opuntia Haw.* (Fam. *Cactaceae*) sind viele Arten in andere Erdteile eingeführt worden, so auch in Australien, wo mehrere Arten außerordentlich lästig wurden. Die beiden schädlichsten Arten, die aus Nordamerika stammten, sind *Opuntia inermis De C.* und *O. stricta Haw.*; sie besiedelten vornehmlich Weideländer, teils auch landwirtschaftlich nutzbares Land, in Queensland und dem nördlichen Teil von Neusüdwales. Auf dem Höhepunkt des „prickly-pear"-Auftretens im Jahre 1925 nahm das befallene Gebiet etwa 60 Millionen acres ein, von ihnen 50 Millionen in Queensland. Ungefähr die Hälfte dieser Fläche war so dicht mit Opuntien bestanden, daß sie ein fast undurchdringliches Hindernis bildeten; das freudigste Wachstum zeigten die Pflanzen auf den besseren Böden. Trotz größter Bemühungen war es den Eigentümern und Nutznießern nicht möglich, der Ausbreitung, die 1925 auf jährlich 1 Million acres geschätzt wurde, Einhalt zu tun. Die biologische Bekämpfung der Schadpflanzen wurde bereits 1899 empfohlen; 1912 schlug eine von der Regierung von Queensland beauftragte Reisekommission die Einführung von Insekten und Krankheitserregern aus Amerika vor. 1920 wurde auf Vereinbarung der Regierung des australischen Staatenbundes und der Staaten Queensland und Neusüdwales das „Commonwealth Prickly Pear Board" ins Leben gerufen, dem die Aufgabe zufiel, die natürlichen Feinde der Feigenkakteen in Nordamerika zu erforschen und, soweit sie geeignet waren, in Australien einzuführen. Die Untersuchungen wurden 1921 in Amerika aufgenommen; alle Gebiete Nord- und Südamerikas, in denen *Opuntia*-Arten vorkommen, wurden, mit Ausnahme von Paraguay, einzelnen Teilen Südbrasiliens und der Galapagos-Inseln, durchforscht. Die Untersuchungen, Zuchten und Versendungen wurden in den Vereinigten Staaten von 1921—1923, in Mexiko von 1926—1935, in Argentinien von 1924—1925 und von 1931 bis 1936 durchgeführt. Die in Westindien, Honduras, Guatemala, San Salvador, Columbien, Venezuela, Brasilien, Uruguay, Peru und Ecuador gewonnenen Erfahrungen zeigten, daß die dortige Kakteenfauna keinen besonderen Wert für die Bekämpfung der Feigenkakteen in Australien besaß. Auch den Pilz- und Bakterienkrankheiten der Opuntien wurde Beachtung geschenkt und Untersuchungen in den Vereinigten Staaten und auf den Bermudas ausgeführt; doch erschien ihre Verwendung nicht aussichtsreich. Durch die Untersuchungen wurden 145 Insektenarten festgestellt, die in ihrem Vorkommen auf *Opuntia*-Arten und andere Cactaceen beschränkt waren: 50 Lepidopteren, unter ihnen etwa 44 Phycitiden;

---

[1]) Kunhi Kannan, K., Lantana Flies *(Agromyza lantanae, Frogg.)* in Hawaii. Agric. Journ. India **19**, 1924, 504—508; Ramachondra Rao, Y., Lantana Insects in India. Mem. Dept. Agric. India, Entom. Ser. **5**, 1920, 239—314; Subramaniam, T. V., The Lantana Seedfly in India. Indian Journ. Agric. Sci. **4**, 1934, 468—470.

[2]) Eine ausführliche zusammenfassende Darstellung gibt Dodd, A. P., The Control and Eradication of Prickly-Pear in Australia. Bull. Entom. Res. **27**, 1936, 503—522. Weitere Literatur: Alexander, W. B., Natural Enemies of Prickly Pear and their Introduction into Australia. Commonwealth Australia, Inst. Sci. and Industr., Bull. **29**, 1925; Dodd, A. P., The Biological Control of Prickly Pear in Australia. Ebd. Bull. 34, 1927; The Biological Control of Prickly Pear. Journ. Counc. Sci. and Industr. Res. **1**, 1927, 48—54; The Present Position and Future Prospects in Relation to the Biological Control of Prickly Pear. Ebd. **6**, 1933, 8—13; Hamlin, J. C., Biological Control of Prickly Pear in Australia: Contributing Efforts in North America. Journ. Econ. Entom. **17**, 1924, 447—460.

50 Coleopteren, unter ihnen 26 Arten der Gattung *Moneilema (Cerambycidae)* und 10 Arten der Gattung *Gerstaeckeria (Curculionidae);* 15 *Hemiptera-Heteroptera,* bis auf eine Art sämtlich Coreiden; 12 *Hemiptera-Homoptera,* namentlich Angehörige der Gattung *Coccus (Dactylopius);* ferner mehrere Cecidomyiden und Lonchaeiden *(Diptera)* und 2 phytophage Chalcididen *(Hymenoptera).* Vor der Versendung der Kakteenfeinde nach Australien wurden bei allen als geeignet in Betracht kommenden Arten untersucht, ob sie auf *Opuntia*-Arten beschränkt waren oder Kulturpflanzen befallen konnten; ferner wurde besonders darauf geachtet, daß die „prickly-pear"-Feinde, die zur Versendung kamen, frei von Parasiten waren. Das aus Amerika übersandte Material wurde zuerst auf der Hauptstation in Sherwood bei Brisbane, weitergezogen, um eine zufällige Einschleppung von Parasiten zu verhüten; außerdem wurden dort nochmals Versuche über die Möglichkeit eines Befalls wirtschaftlich wichtiger Pflanzen durchgeführt. Zwischen 50 und 60 Arten von Kaktusfeinden wurden in Australien eingeführt; in manchen Fällen genügten eine oder wenige weitere Sendungen, die für ergänzende Untersuchungen über die Gefährlichkeit gegenüber Kulturpflanzen oder über das Verhalten unter australischen Bedingungen bestimmt waren; in anderen Fällen wurden im Verlauf von drei und mehr Jahren eine Reihe Sendungen notwendig; die Gesamtzahl der aus Amerika eingeführten Individuen betrug mehrere Hunderttausend. Von Sherwood gelangten die *Opuntia*-Feinde an die verschiedenen Feldstationen in Queensland und Neusüdwales, wo sie weiter gezogen und ausgesetzt wurden. Mit etwa 18 Arten wurden eingehendere Versuche zur Einbürgerung durchgeführt; bei einigen Arten wurde bisher noch kein endgültiges Ergebnis erzielt, bei anderen schlug der Einbürgerungsversuch fehl; einige bürgerten sich an einem oder mehreren Orten ein, blieben jedoch in ihrer Zahl und Ausbreitung beschränkt; wieder andere, die anfänglich in beträchtlicher Zahl auftraten und sich gut ausbreiteten, konnten den Wettbewerb mit *Cactoblastis cactorum Berg* nicht aufnehmen. Die Zahl der erfolgreich eingebürgerten und über die „prickley-pear"-Gebiete verbreiteten Arten ist sehr beschränkt: *Cactoblastis cactorum Berg (Lepidoptera, Phycitidae), Chelinidea tabulata Burm. (Hemiptera, Coreidae), Coccus (Dactylopius) tomentosus Lam. (opuntiae Ckll.) (Homoptera, Coccidae),* sowie die Milbe *Tetranychus opuntiae Banks.* Das Fortschreiten der Bekämpfung hat Dodd (1936) in 6 Perioden eingeteilt: 1921—1925: Einführung, Zucht und Aussetzung verschiedener Arten in großer Zahl; 1925—1927: Einführung von *C. cactorum,* Massenzucht und erste Aussetzungen; 1928—1930: Massenaussetzung (etwa 3 Millionen Exemplare) von *C. cactorum* in den *Opuntia*-Gebieten; 1930—1932: Vernichtung der „prickly-pear"-Bestände durch *C. cactorum;* 1931—1933: wieder zunehmendes Wachstum der Opuntien gibt Anlaß zu Besorgnis, besonders da in manchen Bezirken durch die Vernichtung der Wirtspflanze *C. cactorum* selten geworden war; 1933—1935: Bekämpfung der nachwachsenden und Keimpflanzen durch *C. cactorum.* Als im Jahre 1929 *C. cactorum* ausgesetzt wurde, waren einige der übrigen *Opuntia*-Feinde, so *Chelinidea tabulata, Coccus tomentosus, Tetranychus opuntiae* weitverbreitet und häufig; mit der zunehmenden Vernichtung der Feigenkakteen durch *C. cactorum* wurden sie immer seltener, nur *Coccus tomentosus* blieb etwas zahlreicher. Bis zum Jahre 1929 war man der Ansicht gewesen, daß die beste Aussicht auf Erfolg durch eine sorgfältig ausgewählte Anzahl von Insektenarten zu erwarten sei; wie Dodd 1936 annimmt, wäre diese Hoffnung auch erfüllt worden, da die damals eingebürgerten Insekten bereits eine gute Wirksamkeit zeigten; allerdings wäre die Vertilgung der Opuntien wohl nur schrittweise und viel langsamer vor sich gegangen. Der außerordentliche und so schnelle Erfolg, der bereits 1932 durch eine einzige Art: *Cactoblastis cactorum Berg* erreicht wurde, konnte damals noch nicht vorausgesehen werden. Der mit *C. cactorum* erzielte Erfolg ist um so bemerkenswerter, als die Einführung nur durch eine kleine Sendung aus Argentinien geschah.

Der Grundstock dieser Sendung waren Larven, die in Concordia, Prov. Entre Rios, im Februar 1925 gesammelt wurden; die Falter schlüpften und schritten zur Eiablage in Buenos Aires; die Eier, 3000 Stück, wurden im März 1925 abgesandt; von den unterwegs geschlüpften Larven wurde eine Anzahl vorsichtshalber in Kapstadt zurückbehalten; etwa 2750 halberwachsene Larven erreichten im Mai 1925 Sherwood. Die Zucht, anfänglich mit einer argentinischen *Opuntia*-Art, später mit *O. inermis,* machte gute Fortschritte; in zwei Generationen wurde während eines Jahres die Zahl von 2750 Eiern auf das 900fache erhöht; zu dieser Zeit wurden die ersten Aussetzungen vorgenommen und 2263000 Eier an 19 verschiedenen Orten

des „prickly-pear"-Gebietes ausgesetzt. Während eines weiteren Jahres wurde die Zucht fortgesetzt und 6500000 Eier verteilt. Bereits nach 12 Monaten war das Ergebnis der ersten Aussetzungen sichtbar. Anfang 1927, nachdem zwei Generationen im Freien gelebt hatten, waren schon viele Opuntien getötet und *C. cactorum* in großer Zahl vorhanden. Zwei Jahre nach der ersten Aussetzung hatte sich *C. cactorum* in verschiedenen Gebieten außerordentlich vermehrt und auf mehrere Meilen von den Aussetzungspunkten ausgebreitet; Hunderte acres dichten Opuntien-Bestandes waren bereits vernichtet. Nachdem so der Wert des Kaktusfeindes nachgewiesen war, wurden 1928—1930 Massenverbreitungen vorgenommen; Kokons wurden in großer Zahl im Freien gesammelt, die Falter im Zwinger gezogen und die Eier (1928—1929: 400 Millionen) verteilt; 1929—1930 war *C. cactorum* bereits in so großer Zahl vorhanden und die Eiablage in den Gebieten der ersten Einbürgerung so groß, daß in diesen beiden Jahren 2350000000 Eier von den Pflanzen gesammelt und für die weitere Verbreitung benutzt werden konnten. Die Eier werden von den Weibchen in Gelegen von je etwa 75 Eiern abgelegt; diese Gelege wurden gesammelt und an den Cladodien der Opuntien befestigt. Die ausschlüpfenden, zu 20 oder mehr, gesellig lebenden Larven bohren sich in die Cladodien ein und höhlen sie, mit Ausnahme der Gefäßbündel und der papierdünnen Cuticula, aus, so daß die befallenen Abschnitte austrocknen; außerdem gibt die Fraßtätigkeit der Larven Anlaß für den Befall durch Krankheitserreger, Bakterien in den Endabschnitten, Pilze in den dickeren unteren Partien der Pflanze, wodurch deren Zerstörung beschleunigt wird. Die Schnelligkeit, mit der die Vertilgung der „prickly-pear"-Bestände durch *C. cactorum* fortschritt, zeigt ein von Dodd (1936) angeführtes Beispiel: Längs des Moonic River in Südwest-Queensland erstreckten sich dichte Opuntienbestände in einem Gebiet von 100 Meilen; 1929 wurde *C. cactorum* in diesem Gebiet ausgesetzt; im August 1930 war das Auftreten der Phycitide noch so schwach, daß weitere Aussetzungen in Erwägung gezogen wurden; im August 1932 waren jedoch 90% dieses ausgedehnten Gebietes frei von Feigenkakteen. Da *C. cactorum* sich auch, entgegen den anfänglichen Befürchtungen, seit 1933 sehr wirksam bei der Vertilgung der nachwachsenden Opuntien und der Keimpflanzen gezeigt hat, ist das schwierige „prickly-pear"-Problem als gelöst anzusehen.[1]) Die außerordentliche jährliche Ausbreitung von *Opuntia inermis* und *O. stricta* wurde durch die Einführung von *C. cactorum* unterbrochen und in weiten Gebieten der größte Teil der Opuntien zerstört. 1936 waren nur noch weniger als 10% der früheren Bestände in Queensland und Neusüdwales übriggeblieben und etwa 25 Millionen acres für Viehzucht und Landwirtschaft geeigneten Bodens, vorher eine Wildnis dichter Opuntienbestände, befreit, so daß sie der Benutzung zugeführt werden können. Nur in zwei „prickly-pear"-Beständen in Neusüdwales ist die Vernichtung noch nicht soweit vorgeschritten, doch ist auch hier, nachdem geeignete Methoden zur Unterstützung von *C. cactorum* ausfindig gemacht worden sind, die Ausrottung der Opuntien nur noch eine Frage der Zeit. Es bleibt sodann noch die Frage der Bekämpfung einiger weniger wichtiger *Opuntia*-Arten: *O. tomentosa Salm-Dyck*, *O. streptacantha Lem.* und *O. aurantiaca Lind.* endgültig zu lösen; doch sind auch hierfür schon befriedigende Anfänge gemacht. So zeigt die 1932 aus Argentinien eingeführte Schildlaus *Coccus (Dactylopius) sp.* nahe *confusus Ckll.* bereits gute Wirksamkeit gegen *O. aurantiaca;* weiter wurde eine Phycitide *Tucumania tapiacola Dyar* 1935 eingeführt. Ein besonderer aus Mexiko importierter Stamm von *Coccus tomentosus Lam.* vermag bereits die ausgedehnteren Bestände von *O. streptacantha* zu lichten; außerdem verspricht auch die Cerambycide *Moneilema ulkei Horn*, eine allmähliche Vertilgung dieser Opuntie, gegen die, wie auch gegen *O. tomentosa*, neuerdings ein weiterer Bockkäfer *Lagochirus funestus Thoms.* eingeführt wurde.

Die Erfolge bei der biologischen Bekämpfung der „prickly-pears" in Australien haben die Veranlassung gegeben, auch in anderen Ländern, in denen Opuntien angesiedelt und später lästig wurden, Versuche mit dieser Methode durchzuführen.[2])

---

[1]) Nach Mitteilungen in der Tagespresse soll *C. cactorum* in Chinchilla, Queensland, ein Denkmal errichtet worden sein.

[2]) Beeson, C. F. C., Prickly Pear and Cochineal Insects. Indian For. **60**, 1934, 203—205; Deshpande, V. G., Eradication of Prickly Pear by Cochineal Insects in the Bombay Presi-

So wurde 1924 *Coccus (Dactylopius) tomentosus Lam. (opuntiae Ckll.)* zur Bekämpfung von *Opuntia dillenii Haw.* aus Australien nach Ceylon gebracht und im Norden der Insel ausgesetzt; obwohl die Ausbreitung zuerst nur langsam vor sich ging, waren doch nach 18 Monaten in sämtlichen Teilen des 30 acres großen Befallsgebietes die Opuntien von der Schildlaus angegriffen; 1930 hatte die Coccide sich über verschiedene Teile der Insel ausgebreitet und viel Land, das für die Bewirtschaftung unbrauchbar geworden war, wieder frei gemacht. In einzelnen Gebieten zeigte sie sich allerdings nicht wirksam, da dort *Opuntia monacantha* die vorherrschende Feigenkaktee war. Diese *Opuntia*-Art wird jedoch (auch in Indien) wirksam von einer anderen Schildlaus, *Coccus (Dactylopius) indicus Green (ceylonicus Green)* in Schach gehalten, die aber ihrerseits *O. dillenii* nicht angreift; die Herkunft dieser Coccide, die angeblich zuerst 1795 nach Indien gebracht worden sein soll, ist unbekannt; Tryon hat als Heimat Brasilien vermutet. 1926—1927 wurde *C. tomentosus* zur Bekämpfung von *O. dillenii* auch nach Indien: Mysore und Süd-Madras gebracht, wo sie sich gut einbürgerte und bereits große Landstrecken von „prickly-pears" gesäubert hat; sie ist auch in andere Teile Südindiens, so in der Präsidentschaft Bombay, erfolgreich eingeführt worden.

Gute Erfolge mit der biologischen Bekämpfung von Opuntien durch diese beiden Cocciden wurden auch auf Mauritius[1]) erzielt. Für die Zwecke der Cochenille-Gewinnung waren hier mehrere *Opuntia*-Arten eingeführt worden; nachdem die Cochenille-Gewinnung durch die Erfindung der Anilinfarben an Bedeutung verloren hatte, wurden die Pflanzen nicht mehr als Futter für die Cochenille-Schildlaus, *Coccus cacti L.*, verwendet, verwilderten und wurden sehr lästig. Zur Bekämpfung von *Opuntia monacantha Haw.* wurde *Coccus indicus Green* und zur Vertilgung von *Opuntia tuna Mill. Coccus tomentosus Lam.* eingeführt, die beide in 16 bzw. 14 Monaten die lästigen Feigenkakteen innerhalb großer Gebiete vernichteten.

Auf den Fiji-Inseln[2]) wurden außer gegen *Lantana* noch ein größerer Bekämpfungsversuch gegen eine weitere lästige Pflanze: *Clidemia hirta D. Don.* (Fam. *Melastomataceae*) unternommen.

Diese Pflanze wurde vermutlich um 1890 mit Kaffeepflanzen aus British Guyana eingeschleppt und breitete sich vom Ort des ersten Auftretens bei Suva schnell weiter aus, wozu besonders die Verschleppung der Samen durch *Acridotheres tristis L.* beitrug. Als um 1920 viel Land, insbesondere Weiden, von dem Unkraut eingenommen wurde, beschloß man,

---

dency. Agric. Live-Stock. India **5**, 1935, 36—42; Green, E. E., The Coccidae of Ceylon **5**, 1922, 358—359; Hutson, J. C., Prickly-Pear and Cochineal Insects. Trop. Agriculturist **57**, 1926, 290—292; Jepson, F. P., Present Position in regard to the Control of Prickly-pear *(Opuntia dillenii Haw.)* in Ceylon by the introduced Cochineal Insect *Dactylopius tomentosus Lamk.* Ebd. **75**, 1930, 63—72; Kunhi Kannan, K., Administration Report of the Entomological Section for 1927—1928. Rpt. Dept. Agric. Mysore 1927—1928. 1929, 29—34; Ramachandra Rao, Y., Administration Report of the Government Entomologist, Coimbatore, for 1928—1929. 1929; Ramakrishna Ayyar, T. V., The *Coccidae* of the Prickly-pear in South India and their Economic Importance. Agric. Live-Stock India **1** 1931, 229—237.

[1]) D'Emmerez de Charmoy, D., [Une nouvelle espèce de cochenille destructive de la requette, *Opuntia tuna*. Mauritius 1929].

[2]) Cook, W., Some Feeding Experiments undertaken in Trinidad with *Liothrips urichi (Karny)*. Agric. Journ. Fiji **2**, 1929, 85—92; Fyfe, R. V., The Biological Control of *Clidemia hirta* in Fiji. Journ. Aust. Inst. Agric. Sci. **2**, 1936, 8—9; Simmonds, H. W., Mission to Trinidad — Introduction of *Liothrips urichi*. Agric. Journ. Fiji **3**, 1930, 55—67; Entomological Notes. Ebd. **3**, 1930, 82; Biological Control of *Clidemia hirta*. (Introduction of *Liothrips urichi Karny*, into Fiji.) Legisl. Council Paper Fiji 1932, Nr. 4, 1932; The Biological Control of the Weed *Clidemia hirta* D. Don., in Fiji. Bull. Entom. Res. **24**, 1933, 345—348; Biological Control of Noxious Weeds, with special Reference to the Plants *Clidemia hirta* (the Curse) and *Stachytarpheta jamaicensis* (Blue Rat Tail). Agric. Journ. Fiji **7**, 1934, 3—10; Taylor, T. H. C., Investigations in Trinidad on a Parasite for *Clidemia hirta*. Agric. Journ. Fiji **1**, 1928, 2—8; [Report on Investigations in Trinidad on *Liothrips urichi* as a Parasite for *Clidemia hirta*.] Legisl. Council Paper Fiji 1928; Biological Control of Spathe-borer, Coconut Scale and Koster's Curse. Agric. Journ. Fiji **3**, 1930, 83—84.

Cl. hirta in ihrer Heimat zu studieren. In Trinidad wird die Pflanze nicht als Unkraut angesehen, da sie durch eine Anzahl vermindernder Faktoren: Klima, andere Pflanzen und phytophage Insekten, in Schach gehalten wird. F. W. Urich entdeckte 1922 als einen *Clidemia*-Feind einen Blasenfuß *(Thysanoptera)*, der als *Liothrips urichi Karny* beschrieben wurde. 1927/28 untersuchte der von Fiji ausgesandte Entomologe T. H. C. Taylor auf Trinidad die Lebensweise von *L. urichi* sowie besonders die Frage, ob diese Thysanoptere auf Kulturpflanzen leben könne. Nachdem durch Versuche von Cook festgestellt war, daß sich *L. urichi* auf *Clidemia hirta* beschränkt, wurde 1929 H. H. Simmonds nach Trinidad gesandt, um von dort den Blasenfuß nach Fiji einzuführen. Im Februar 1930 wurden 3400 Blasenfüße innerhalb einer Woche von Simmonds nach Fiji gebracht; innerhalb 14 Tagen hatten sie sich auf 5000 Stück vermehrt und wurden teils weiter gezogen, zum großen Teil aber ausgesetzt. Infolge der ausnahmsweise trockenen Witterung machte die Ausbreitung des Blasenfußes bis Anfang 1931 wenig Fortschritte; im übrigen Teil dieses Jahres breitete er sich jedoch schnell aus und schränkte bereits 1933 in großen Gebieten *Cl. hirta* ein, allerdings nicht durch Vernichtung der Pflanze, sondern durch Unterdrückung ihrer Wachstums, so daß sie von der einheimischen Vegetation überwuchert wird. 1934 nahmen bereits in großen Gebieten nützliche Pflanzen den Platz der früheren dichten Unkrautbestände ein; als Beispiel für die Wirksamkeit von *L. urichi* führt Fyfe 1936 an, daß an einem Ort, an dem das Unkraut früher alle 6 Monate geschnitten werden mußte, dies jetzt nur noch einmal in 2 Jahren notwendig ist, und daß die Kosten der Unkrautvertilgung um 75% vermindert wurden. Auch ein weiteres Unkraut *Stachytarpheta jamaicensis*, das auf armem Weideland 10—25% der Fläche bedecken kann, wird durch eine andere Thysanoptere: *Haplothrips gowdeyi Frankl.* und die Schildlaus *Aulacaspis pentagona Targ.* teilweise in Schach gehalten.

In Neuseeland[1]) sind seit 1927 Versuche im Gange, 4 lästige Pflanzen: die Brombeere, *Rubus fruticosus L.* („blackberry"), das Jakobskraut, *Senecio jacobaea L.* („ragwort"), den Stechginster, *Ulex europaeus L.* („gorse") und die „piripiri" genannte *Acaena*-Art durch die biologische Methode zu bekämpfen.[2])

Die Bekämpfung von *Rubus fruticosus* gestaltete sich wegen ihrer nahen Verwandtschaft mit wichtigen Kulturpflanzen sehr schwierig: alle Insekten, die als ihre Feinde bekannt sind, sind polyphag und befallen auch andere Rosaceen. Unter den Insekten, mit denen Versuche durchgeführt wurden, gab eine südeuropäische Buprestide: *Coraebus rubi L.*, deren Larven in Brombeerstengeln leben, Anlaß zu Hoffnungen. Da sich indessen zeigte, daß nicht nur die Brombeeren sehr widerstandsfähig gegen die Angriffe der Käferlarven waren, sondern daß auch die Käfer eine Vorliebe für Apfelblätter und das Laub verwandter Obstbäume zeigten, wurde die Verwendung des Prachtkäfers, wie überhaupt die biologische Bekämpfung von *R. fruticosus* aufgegeben, da auch keine andere Insektenart sicher genug erschien.

[1]) Cameron, E., A Study of the Natural Control of Ragwort *(Senecio jacobaea L.)*. Journ. Ecol. **23**, 1935, 265—322; Chater, E. H., A Contribution to the Study of the Natural Control of Gorse. Bull. Entom. Res. **22**, 1931, 225—235; Davies, W. M., The Bionomics of *Apion ulicis Forst.* (gorse weevil) with special Reference to its Role in the Control of *Ulex europaeus* in New Zealand. Ann. Appl. Biol. **15**, 1928, 263—268; Janvier, H., Etude biologique de quelques Hyménoptères du Chili. Ann. Sci. Nat. Zool. (10) **16**, 1933, 209—356; Miller, D., Control of Ragwort: Experimental Work with Cinnabor Moth. New Zealand Journ Sci. and Technol. **11**, 1929, 112—119; Biological Control of Noxious Weeds. in: Miller, D., Clark, A. F., and Dumbleton, L. J., Biological Control of Noxious Insects and Weeds in New Zealand. Ebd. **18**, 1936, 579—593; Russell, E. J., Research for New Zealand. Times, London 9. I. 1933; Thompson, W. R., The Biological Control of Insect and Plant Pests. London 1930. — Fourth Annual Report on Noxious-weeds-control Research carried out at the Cawthron Institute, Nelson. Ann. Rpt. Dept. Sci. Ind. Res. New Zealand 1930—1931. Wellington 1931.

[2]) Die Untersuchungen über die Insekten, die diese Unkräuter in Europa befallen, wurden anfänglich von der Rothamsted Experimental Station, Harpenden, durchgeführt; 1929 wurden diese Forschungen einschließlich des Sammelns und Versendens der Unkrautfeinde vom Farnham House Laboratory, Farnham Royal, übernommen.

Im Gegensatz zu *R. fruticosus* hat *Senecio jacobaea* keine nähere Verwandtschaft mit wirtschaftlich wichtigen Pflanzen; die Wahl geeigneter Feinde war daher leichter. Durch eingehende Untersuchungen in England wurden die Faktoren (Mensch, Insekten und Schafe), welche die Pflanze in ihrer Heimat nicht zum lästigen Unkraut werden lassen, erforscht; 60 europäische Insektenarten, zu 5 Ordnungen gehörend, wurden auf *S. jacobaea* festgestellt; von diesen waren *Tyria (Hipocrita) jacobaeae L. (Lepidoptera, Arctiidae)* und *Pegohylemyia seneciella Meade (Diptera, Anthomyiidae)* am wichtigsten und erschienen für die Einführung in Neuseeland am brauchbarsten; 294382 Puppen von *T. jacobaeae* und 58000 Puparien von *P. seneciella* wurden nach Neuseeland gesandt. *T. jacobaeae* („cinnabar moth") wurde in verschiedenen Teilen Neuseelands ausgesetzt; wo sie sich einbürgerte, übte sie zwar während der Larvenperiode einen Einfluß auf das Unkraut aus, doch erfüllten sich die in sie gesetzten Hoffnungen nicht. Ein Grund hierfür war, daß *T. jacobaeae* nur eine Generation im Jahr hat, und daß die Fraßperiode sich nur auf eine kurze Zeit im Frühjahr erstreckt; auch nahm der Bestand teils aus unbekannten Ursachen, teils unter der Einwirkung einheimischer Parasiten und Vögel, selbst an Orten, wo sie sich in den ersten Jahren gehalten hatte, allmählich ab. Man setzt nunmehr Hoffnung auf *P. seneciella*, deren Larven in den Blütenstauden leben und die Samen zerstören. Bei der Bekämpfung von *Ulex europaeus* mußte wie bei *Rubus fruticosus* große Vorsicht bei der Auswahl und Verwendung der Insekten angewendet werden, da der Stechginster zu einer Pflanzengruppe mit wirtschaftlich wichtigen Arten gehört; da außerdem *U. europaeus* in einigen Teilen Neuseelands genutzt wird, wird allein die Verhinderung der Weiterbreitung durch Samen angestrebt. Für diesen Zweck wurde ein Rüsselkäfer: *Apion ulicis Forst.* ausgewählt, dessen Vorkommen auf die Samen von Stechginster und Ginster beschränkt ist. Als besondere Vorsichtsmaßnahme wurden, bevor der Käfer eingeführt wurde, Versuche in England, von wo er importiert wurde, mit wichtigen Leguminosen unter Bedingungen, die denen Neuseelands entsprechen, durchgeführt. Die Einbürgerung von *A. ulicis*, der in großer Zahl in Neuseeland eingeführt wurde, schreitet dort fort; in den *Ulex*-Anpflanzungen des Cawthorn Instituts werden bereits über 90% der Frühjahr- und Sommersamen zerstört. Eine Schwierigkeit besteht darin, daß der Stechginster in ziemlichem Ausmaß in den kühleren Monaten blüht; es hat sich jedoch gezeigt, daß der Käfer auch während sonniger Wintertage aktiv ist. Die Schädlichkeit der *Acaena*-Arten beruht darauf, daß sich die stachligen Früchte in der Wolle der weidenden Schafe festsetzen; der Marktwert der Wolle soll hierdurch eine jährliche Verminderung von 250000 $ erfahren. Die Einführung der Chrysomelide, *Haltica pagana Blackb.* aus Australien, wo sie *Acaena sanguisorbae* wirksam in manchen Gebieten unterdrückt, schien nicht ratsam, da sie auch Erdbeeren (*Fragaria* ist nahe verwandt mit *Acaena*) befällt. Die Suche nach *Acaena*-Insekten führte in Chile zur Auffindung zweier Arten: einer Chrysomelide, *Haltica virescens Bl.*, und einer Tenthredinide, *Antholcus varinervis Spin.*, die dort zahlreich vorkommen und das Unkraut beträchtlich einschränken. Beide Arten wurden nach Neuseeland gebracht, die Verwendung von *H. virescens* jedoch wieder aufgegeben, da er sich omnivor zeigte. Dagegen erscheint die Einführung von *A. varinervis* aussichtsreich; die Larven der Blattwespe fressen an den Blättern, teils auch an den Früchten, die sie zerstören. Die Entwicklungszeit der Tenthredinide vermindert auch die Gefahr des Befalles von anderen Rosaceen, da die Imagines im Juli schlüpfen und ihre Eier in die Blätter von *Acaena* ablegen, zu einer Zeit, in der, außer der Erdbeere, keine anderen Rosaceen belaubt sind. Außerdem wurde festgestellt, daß *A. varinervis* die Eier nicht in die durch ihre Behaarung geschützten Erdbeerblätter ablegt.

Weitere Versuche, Unkräuter mit Hilfe phytophager Insekten zu vertilgen, wurden zur Bekämpfung des Johanniskrautes („St. John's wort"), *Hypericum perforatum L.*[1]), in Australien in Angriff genommen.

[1]) Currie, G. A., and Garthside, S., The Possibility of the Entomological Control of St. John's Wort in Australia — Progress Report. Commonwealth Australia, Council Sci. and Industr. Res., Pamphl. **29**, 1932; Tillyard, R. J., St. John's Wort — Possibility of Biological Control Journ. Counc. Sci. and Industr. Res. **1**, 1927, 78—80; The Work of the Division of Economic Entomology 1928—1929. Counc. Sci. and Industr. Res., Pamphl. **15**, 1929; Entomological Control of St. John's Wort — First Liberations of *Chrysomela-*

H. perforatum, 1880 von Europa nach Australien eingeschleppt, ist dort zu einem sehr lästigen Unkraut geworden, das sich fast allerorts ansiedelt und alle anderen Pflanzen, mit Ausnahme von Bäumen und Sträuchern, unterdrückt; es ist ferner giftig und ruft bei Pferden und Rindern Dermatitis hervor; Schafe können es zwar für kurze Zeit fressen, leiden aber auf die Dauer unter dieser Nahrung; das 1930 in Victoria von dem Unkraut befallene Gebiet wurde auf 250000—400000 acres geschätzt. 1929/30 wurden drei Blattkäfer, *Chrysomela varians Schall.*, *Ch. hyperici Forst.* und *Ch. brunsvicensis Grav.*, und 1931 ein Wickler, *Lathronympha hypericana Hb.* aus England in Australien eingeführt. Die Sendungen dieser 4 Arten sowie noch einiger weiterer *Hypericum*-Feinde: *Anaitis plagiata L. (Geometridae) Depressaria hypericella Hb. (Gelechiidae)* und *Aphis chloris* Koch *(Aphididae)* wurden in den nächsten Jahren fortgesetzt. Nachdem die eingeführten Insekten im Insektarium von Canberra vermehrt und auf ihre Harmlosigkeit gegenüber Kulturpflanzen geprüft worden waren, wurden sie in großer Zahl in den von *Hypericum perforatum* befallenen Gebieten in Victoria ausgesetzt; über die Ergebnisse steht jedoch bisher noch nichts Sicheres fest; doch sind von den drei eingangs genannten *Chrysomela*-Arten, trotz zahlreicher Aussetzungen, nur wenige wieder gefunden worden. Versuche zur Bekämpfung von *Senecio jacobaea L.* wurden auch in Australien mit *Tyria jacobaeae L.* und *Pegohylemyia seneciella Meade* begonnen. Ein weiteres in Australien in Angriff genommenes Unkrautproblem[1]) ist die Bekämpfung von *Xanthium pungens* („Noogoora burr"), die mit Hilfe der aus den Vereinigten Staaten eingeführten Trypetide: *Euaresta aequalis Loew* erreicht werden soll; als weitere natürliche Feinde wurden noch *Cylindrocopterus adspersus Lec.* und *Baris callida Casey* (Fam. *Curculionidae*) eingeführt.

Schließlich ist noch die Bekämpfung des Cypergrases, *Cyperus rotundatus L.* („nut grass"), auf Hawaii zu erwähnen[2]), für die 1925 von den Philippinen ein Wickler *Bactra truculenta Meyr.* und ein Rüsselkäfer *Athesapeuta cyperi Mshl.* eingeführt wurden. Die Wirksamkeit der Tortricide wurde durch starke Parasitierung eingeschränkt, während sich der Rüsselkäfer nur langsam ausbreitet, so daß das „nut grass" noch zahlreich vorhanden ist.

Beetles. Journ. Sci. and Industr. Res. **3**, 1930, 231—232. — Entomological Investigations. Rpts. Counc. Sci. and Industr. Res. Aust. **7**, (1932—1933) 1933, 26—31; **8** (1933—1934), 1935, 16—23; **9**, (1934—1935), 1936, 28—34, 69—70.

[1]) Currie, G. A., Oviposition Stimuli of the Burr-seed Fly, *Euaresta aequalis, Loew (Dipt. Trypetidae)*. Bull. Entom. Res. **23**, 1932, 191—193; Kelly, S. G., The Control of Noogoora and Bathurst Burr by Insects. Journ. Counc. Sci. and Industr. Res. **4**, 1931, 161—172. — Noogoora Burr. Ebd. **3**, 1930, 183—184; Liberation of the Noogoora Burr Seed-Fly in Queensland. Ebd. **5**, 1923, 192; Entomological Investigations. Rpt. Counc. Sci. and Industr. Res. Aust. **7** (1932—1933), 1933, 26—31; **8** (1933—1934), 1935, 16—23; **9**, (1934—1935) 1936, 28—34, 69—70.

[2]) Fullaway, D. T., Report of the Entomologist, January 1925—December 1926. Rpt. Board. Agric. and Forestry Hawaii 1925—1926. 1927, 39—46; Pemberton, C. E., Entomology. Ann. Rpt. Comm. Expt. Stat. Hawaii. Sugar Plant. Assoc. 1932. 1933, 18—22; Swezey, O. H., Entomology. Ebd. 1927—1928. 1929, p. 15—25; 1928—1929. 1930, p. 16—25; Swezey, O. H., u. Pemberton, C. E., Ebd. 1930—1931. 1932, 19—32.

Dritter Abschnitt

Die technischen Mittel des Pflanzenschutzes

A. Beizgeräte

I. Naßbeizgeräte

Von Dr. E. Riehm, Präsident der Biologischen Reichsanstalt, Berlin-Dahlem

Die Naßbeizverfahren lassen sich mit den einfachsten Hilfsmitteln ohne besonders konstruierte Apparate anwenden, soweit es sich um das Heißwasserbeizverfahren, die Tauchbeize und die gewöhnliche Benetzungsbeize handelt. Nur für das Kurznaßbeizverfahren sind besondere Vorrichtungen unbedingt notwendig, weil sonst eine gleichmäßige Benetzung sämtlicher Getreidekörner mit der verhältnismäßig geringen Flüssigkeitsmenge unmöglich ist. Aber nicht nur für das Kurznaßbeizverfahren sondern auch für die übrigen Naßbeizverfahren hat man besondere Vorrichtungen konstruiert, die die Beizarbeit erleichtern sollen.

1. Heißwasserbeizgeräte

Bei der Anwendung des Heißwasserbeizverfahrens kommt es darauf an, die Temperatur des Wassers während der Beizdauer konstant zu erhalten. Da beim Eintauchen des Getreides in den Heißwasserbehälter eine Abkühlung eintritt, muß dafür gesorgt werden, daß die Temperatur wieder auf die gewünschte Höhe gebracht wird, wenn man nicht das Getreide herausnehmen und in ein neues Gefäß mit richtig temperiertem Wasser bringen will. Diesen letzten Weg wählte die Vorrichtung der Österreichischen Pflanzenschutz-Gesellschaft[1]), bei der das Getreide in einem Beizzylinder aus feinmaschigem Drahtgeflecht an einem über eine Rolle laufenden Drahtseil aufgehängt ist. Vermittels einer Winde können die Beizzylinder gehoben und gesenkt werden. Unter dieser Vorrichtung stehen auf einer fahrbaren Unterlage gewöhnliche Fässer, die das heiße Wasser enthalten. Im ersten Faß wird das Getreide vorgewärmt, dann hochgewunden und in das nächste Faß mit Wasser von gewünschter Temperatur gesenkt.

In Holland beizt man das Getreide in einer horizontal aufgehängten Trommel aus Kupfersiebblech, die in einem Heißwasserbehälter in Umdrehung versetzt werden kann. Ist die Beizdauer abgelaufen, so wird die Beiztrommel mit Hilfe von zwei Riemen aus dem Wasser auf einen Tisch gehoben und von dort in ein fahrbares Gefäß entleert.[2])

---

[1]) Vgl. Riehm, E., Die Krankheiten der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. 3. Aufl. 1927, S. 58.

[2]) Visser, M. F., Warmwater-Trommel ontsmetter tegen Stuifbrand. Tijdschrift over Plantenziekten. **42**, 1936, 275.

In Dänemark führt man die Säcke nach dem „Dinesens System“[1]) an einer Gleitbahn zu dem Beizbehälter, der aus einem Warmwasserbehälter mit Wasser von konstanter Temperatur gespeist wird. Mit Hilfe einer Winde werden die Getreidesäcke eingetaucht, nach Ablauf der Beizdauer wieder hochgewunden und dann an der Gleitbahn zu einer Kaltwasserdusche geführt, damit Keimschädigungen vermieden werden. Nachher werden die Säcke auf Roste gelegt und warme Luft durchgeblasen, um das Korn schnell zu trocknen.

Wird bei den beschriebenen Vorrichtungen der Transport des Getreides erleichtert, so wird bei dem folgenden lediglich für Erhaltung der konstanten Temperatur im Heißwasserbehälter gesorgt. Tapke[2]) beschreibt eine Heißwasserbeizvorrichtung, die nur aus einem großen Heißwasserbehälter besteht, dessen Temperatur automatisch durch Zuströmen von Dampf konstant erhalten wird. Das Wasser wird maschinell durch einen Rührapparat in Bewegung versetzt, damit in dem ganzen Behälter die gleiche Temperatur herrscht.

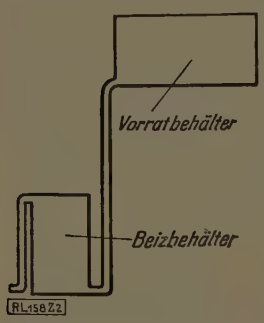

Abb. 1. Schema des Heißwasserapparats nach Appel-Gaßner.

Bei der von Husfeld und Tamm[3]) konstruierten Vorrichtung wird das Wasser schwach mit Salzen versetzt und durch zwei im Beizbehälter gegenüberliegende Elektroden Wechselstrom eingeleitet. Ist hierdurch das Wasser auf die richtige Temperatur erwärmt, so schaltet sich der Strom automatisch aus. Das warme Wasser wird nach Ablauf der Beizdauer in den unter dem Beizbehälter unmittelbar anschließenden Reservebehälter abgelassen. Sodann wird der ganze Apparat um 180° gedreht, das Getreide entleert und das warme Wasser in den Beizbehälter zurückgeführt.

In dem Appel-Gaßnerschen Apparat[4]) (Abb. 1) wird die gleichmäßige Erwärmung des Getreides dadurch erreicht, daß man aus einem einige Meter höher aufgestellten Vorratsgefäße Wasser der gewünschten Temperatur in das Beizgefäß strömen läßt, bis die Temperatur im Beizbehälter die richtige Höhe erreicht hat. Das überschüssige warme Wasser fließt durch einen Überlauf ab, der mit einem Sieb verschlossen ist, damit nicht Getreidekörner mitfortgeschwemmt werden. Bei dieser Form des Heißwasserbeizens geht aber heißes Wasser verloren; man verbraucht für 100 kg Weizen etwa 300 l heißes Wasser.[5]) Es lag daher der Gedanke nahe, das ablaufende warme Wasser wieder zu erwärmen und dem Beizbehälter

[1]) Ferdinandsen, C., und Friis, S., Nyhedsprøve med Afsvampningsapparater i Tilknytning til Korntørringsanlaeg efter J. Dinesens System. Statens Redskabsprøver. Bd. 22, 1920.

[2]) Tapke, V. F., Single-bath hot-water and steam treatments of seed wheat for the control of loose smut. U. S. Dept. Agric. Bull. **1383**, 1926.

[3]) Husfeld, B., und Tamm, E., Heißwasserbeize. Deutsches Reichspatent Nr. 4123870. Ausgegeben am 13. 10. 1925, und Tamm, E., und Husfeld, B., Die elektrische Heißwasserbeize, eine neue Möglichkeit zur Bekämpfung der Blüteninfektion. Technik i. d. Landw. Bd. 6, 1925, 47.

[4]) Appel, O., und Gaßner, G., Ein neuer Apparat zur einfachen Durchführung der Heißwasserbehandlung des Saatgutes. Mitteilungen aus der Biol. Reichs.-Anst., Heft 3, 1907.

[5]) Elkar, H., Die Anwendung des Appelschen Heißwasserbeizapparates auf Grund vierjähriger Erfahrung. Pflanzenbau **1**, 1924/25, 258.

im Kreislauf zuzuführen. Nach diesem Verfahren arbeitet der nach Stranaks Angaben[1]) hergestellte Apparat „Universum" der Firma Josef Klement, Hrobce (Elbe). Zwei Spiritusbrenner sollen das Wasser gleichmäßig warmhalten; aus dem erwähnten Vorratsgefäß wird das Wasser mittels einer von Hand bedienten Pumpe nach dem Beizbehälter gehoben und läuft durch das Getreide in den Vorratsbehälter zurück. In einer holländischen Zuckerfabrik beizt man den Zuckerrübensamen mit heißer Kupfervitriollösung in einer Vorrichtung, die auch zur Heißwasserbeize geeignet ist.[2]) Mit einer Zirkulationspumpe wird das heiße Wasser aus einem mit Dampf erwärmten Vorratsbehälter durch den eigentlichen Beizapparat gedrückt und läuft wieder zurück. Die Regelung der Temperatur erfordert große Aufmerksamkeit. Ähnlich arbeitet der Flugbrandbekämpfungsapparat der Büttner-Werke A.-G. Ürdingen (Abb. 2). Das Wasser wird durch eine mit Motor betriebene Pumpe in beständigem Kreislauf erhalten und wird nach Durchlauf durch das eigentliche Beizgefäß in einem Heizgefäß wieder auf die gewünschte Temperatur erwärmt. In dem Beizapparat der Firma Wilhelm Jäger, Halle, kann das Getreide mit Hilfe eines Luftkompressors von heißem Wasser durchströmt werden. Man kann in diesem Apparat, der weiter unten noch näher beschrieben wird, auch das Getreide mitsamt dem heißen Wasser in Umlauf bringen, um gleichzeitig etwa vorhandene Brandbutten abzuschwemmen.

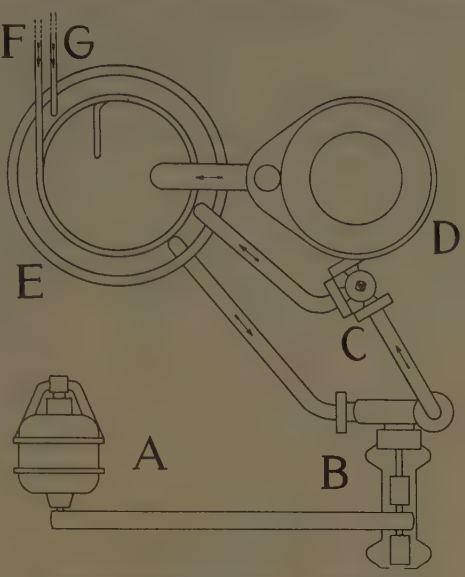

Abb. 2. Heißwasserapparat der Büttner-Werke.
A Motor, B Pumpe, C Dreiwegehahn, D Beizbehälter, E Heizgefäß, F Dampfzufuhr, G Wasserzufuhr.

Während sämtliche bisher beschriebenen Heißwasserbeizvorrichtungen unterbrochen arbeiten, gestattet der Warmwasserbeizapparat der Motor-Landmaschinen-G. m. b. H. Stockach i. B. fortlaufende Arbeit. Das Getreide fällt über eine Verteilerwalze auf ein im Warmwasserbad umlaufendes Transportband. Der Durchlauf durch das Wasserbad vollzieht sich in 7—8 Minuten; das Getreide läuft dann etwa die gleiche Zeit außerhalb des Bades auf dem Transportband weiter, damit es abgekühlt wird, und fällt dann in einen Trichter, wo es im Korb oder Sack aufgefangen werden kann. Die Erwärmung des Wassers erfolgt durch Petrol-Gasbrenner. Je Stunde wird $\frac{1}{2}$ l Petroleum verbraucht. Der Apparat muß zunächst $1\frac{1}{2}$ Stunde angeheizt werden, die Temperaturregelung erfolgt automatisch. Man hat mit dem Apparat eine Stundenleistung von 200 kg Weizen erzielt.

[1]) Stranak, Fr., Das Beizen des Getreidesaatgutes gegen den Getreidebrand mittels des „Universum"-Apparates. Ochrana roskin. Prag **2**, 1922, 54; ders., Maschinelle Saatgutbeize. Sonderdruck aus Nr. 14 der Land- u. forstwirtsch. Mitteilungen vom 5. 8. 1924.

[2]) Verhoeven, W. B. L., Aantasting van suikerbieten en mangelwortels door *Phoma betae Frank*. Versl. en Meded. Plantenziektenkd. Dienst, Wageningen Nr. **47**, 1927.

Es sei noch erwähnt, daß man auch einen Apparat zum Beizen von Getreide mit Wasserdampf konstruiert hat, der aber praktisch nie angewendet worden ist.[1])

2. Geräte für das Tauchbeizverfahren

Beim Tauchbeizverfahren muß das Saatgut eine bestimmte Zeit, meist 30 Minuten, in der Beizlösung verweilen. Man kann für dieses Beizverfahren die einfache Vorrichtung der österreichischen Pflanzenschutz-Gesellschaft benutzen, die oben beschrieben ist. Ähnlich dieser Vorrichtung ist die transportable Beizeinrichtung von Schmidt[2]), bei der ein Siebblechbehälter an einem Flaschenzug in einem fahrbaren Gestell aufgehängt ist, das dann an ein Beizgefäß gefahren werden kann.

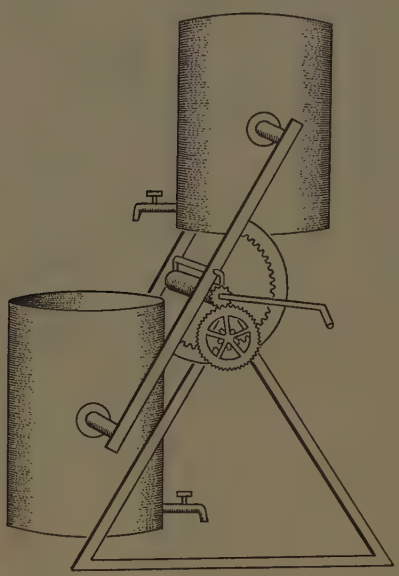

Abb. 3. Apparat Hordo.

In einer Zeit, in der die Reinigung des Weizens im allgemeinen noch zu wünschen übrig ließ, legte man mit Recht[3]) Wert darauf, daß die Beizvorrichtungen eine Entfernung der Brandbutten ermöglichten. Dieser Forderung genügen die eben erwähnten Vorrichtungen nur bis zu einem gewissen Grade. Ganz unmöglich ist die Brandbuttenentfernung in den in Deutsch-Brod (NĚM. Brodě) hergestellten Apparaten Subla und Hordo. Diese Apparate sollen lediglich die Wiederbenutzung derselben Beizflüssigkeit erleichtern. Subla ist ein in einem Gestell drehbar aufgehängtes Faß, das in der Mitte durch eine Querwand in zwei Teile geteilt ist. In einem dieser Teile vollzieht sich zunächst das Beizen; durch Drehen des Fasses wird gute Benetzung aller Körner erreicht. Dann wird in den anderen Teil des Fasses Getreide und soviel Beizflüssigkeit gefüllt, wie das Getreide während des Beizens aufzunehmen pflegt. Endlich wird der Apparat um 180° gedreht, der Hahn geöffnet, der beide Teile verbindet und so die Beizlösung aus dem ersten Gefäß auf das neu zu beizende Getreide gelassen. Hordo (Abb. 3) besitzt zwei in einem drehbaren Gestell befindliche Fässer, die unten mit Abflußhahn versehen sind. Ist das Beizen in einem Faß beendet, wird es so über das andere eingestellt, daß die Beizflüssigkeit in das untere Faß abgeleitet werden kann. Das Getreide wird durch Kippen des Fasses entleert. Der Apparat nach Schammer[4]) besteht

[1]) Schule, F. H., Verfahren zum Beizen von Saatgut mittels Wasserdampfes. D. R. P. 557853 vom 29. 8. 1932.

[2]) Schmidt, Fr., Transportable Beizvorrichtung zur Ausübung des Tauchverfahrens. D. R. P. 415140 vom 15. 6. 1925.

[3]) Vgl. Riehm, E., Beizvorrichtungen und Beizmaschinen. Betriebsmerkblatt des A. T. L. 1927.

[4]) Schammer, A. W., und A. H., Vorrichtung zum Naßbeizen von Saatgut im luftverdünnten Raum. D. R. P. 474454 vom 3. 4. 1929.

wie der Subla aus zwei übereinanderliegenden Gefäßen, die aber mit Hilfe einer Luftpumpe luftleer gemacht werden können. Hierdurch soll gute Benetzung der Körner mit der Beizflüssigkeit erreicht werden. Vollständige Benetzung des Getreides bei der Tauchbeize wird in dem Apparat von Kurz[1]) dadurch erreicht, daß das Getreide in einer Siebtrommel im Beizbottich gedreht wird. Nach Ablauf der Beizdauer kann die Siebtrommel mit Hebel oder Rollenzug herausgehoben und über dem Beizbottich weitergedreht werden, bis die überschüssige Beizflüssigkeit abgetropft ist (Abb. 4). Auch in dem oben beschriebenen Heißwasserapparat „Universum" nach Stranak kann vollständige Benetzung des Weizens bei der Tauchbeize erreicht werden. Da das Trocknen des gebeizten Getreides Schwierigkeiten macht, hat Krämer[2]) an seinem Apparat eine Trockenvorrichtung angebracht. Das Getreide wird in einem drehbaren Beizkessel gebeizt und dann die Beizflüssigkeit abgelassen. Nun wird der Kessel in Umdrehung versetzt. Gleichzeitig tritt ein Ventilator in Tätigkeit, der aus der Feuerung heiße Gase durch ein den Kessel durchziehendes Röhrensystem saugt. Im Kessel angebrachte Rippen und Prallplatten sorgen für Umarbeitung des Getreides, das übrigens nicht unmittelbar mit den Heizrohren in Berührung kommen kann.

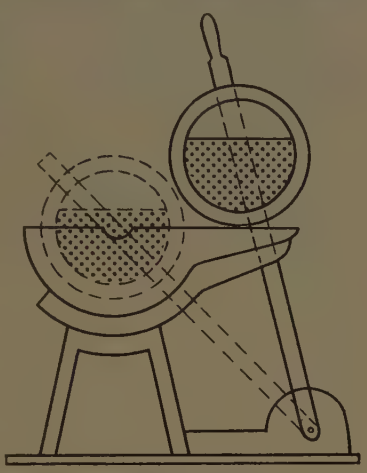

Abb. 4. Querschnitt des Beizapparates Kurz. D. R. P. 416977.

Während bei diesen Apparaten keine Möglichkeit besteht, die Brandbutten zu entfernen, können die Butten in dem Beizgerät der Versuchsstation für Pflanzenkrankheiten Halle/S. von der Firma Güldenpfennig, Staßfurt, mit einem Sieblöffel bequem abgeschöpft werden.[3]) Auch das viereckige Beizgerät Stiftland der Firma Drescher, Halle, ermöglicht die Entfernung der Butten. Der Apparat Degesch besteht aus zwei in einem Gestell befindlichen Beizbehältern, die mit einem Siebboden versehen sind und von denen immer einer in den Beizbottich eintaucht. Durch wiederholtes Hin- und Herbewegen des Gestells werden die Beizbehälter abwechselnd eingetaucht; dadurch wird erreicht, daß die Brandbutten an die Oberfläche steigen, wo sie von Hand abgeschöpft werden können. Auch bei dem Apparat Perfekt der Maschinenfabrik Richard Kayser, Stettin[4]), bei dem durch einen Einschütttrichter dafür gesorgt ist, daß das über einen Kegel fließende Getreide in dünnem Schleier in die Beizlösung fällt und dadurch die Brandbutten an der Oberfläche bleiben, müssen die Butten von Hand entfernt werden.

---

[1]) Kurz, S., Verfahren zum Beizen von Saatgetreide. D. R. P. 416977 vom 4. 8. 1925.

[2]) Krämer, F., Vorrichtung zum Naßbeizen von Getreide und Entbittern von Lupinen. D. R. P. 436090 vom 26. 10. 1926.

[3]) Martiny, B., Hauptprüfung von Beizgeräten. Arb. d. Dtsch. Landw. Ges., Heft 333, 1926, 69.

[4]) Riehm, E., Über Beizapparate. Mitteilungen der Dtsch. Landw. Ges. **42**, 1927, 677.

Die Firma Wachtel, Breslau, hat einen Apparat mit automatischer Buttenentfernung gebaut[1]), Durch eine Rührvorrichtung werden die Butten restlos an die Oberfläche befördert und durch zufließende Beizflüssigkeit über einen Überlauf entfernt. Allerdings gehen beim Beizen auch gute Weizenkörner mit verloren. Die Stundenleistung beträgt nach Martini 2 dz. Restlose Entfernung der Brandbutten ist auch mit dem bereits erwähnten Universal-Beizapparat der Firma Wilhelm Jäger (Abb. 5) möglich. Der Apparat, der in verschiedenen Ausführungen geliefert wird[2]), besteht aus einem 100—200 Ztr. fassenden, unten konisch zulaufenden Bottich. In der Mitte dieses Bottichs steht ein Beizrohr, das oben in einem vierarmigen Drehkreuz endet. Mittels Druckluft wird das Getreide mitsamt der Beizflüssigkeit durch das Beizrohr nach oben getrieben; ein Überlauf beseitigt die aufsteigenden Brandbutten. Die gebrauchte Lösung kann in einen Reservebehälter abgeleitet werden; dann wird das Getreide zunächst mit Hilfe eines Exhaustors oberflächlich getrocknet und dann abgefüllt.

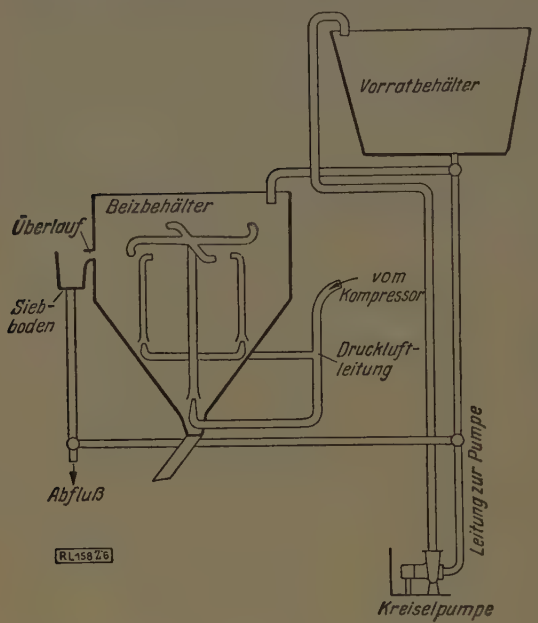

Abb. 5. Universalbeizapparat Jäger-Dix.

In dem Apparat von Werther und Topf der Firma Topf, Erfurt[3]), wird das Getreide, das über einen Kegel fallend zerteilt wird, zunächst gewaschen. Zuströmendes Wasser schwemmt die aufsteigenden Butten über einen Überlauf ab. Der Weizen wird durch eine aufwärts gestellte Schnecke nach oben befördert, läuft über eine Rinne, wo das überschüssige Wasser abtropft und gelangt in den Beizbehälter. Von hier wird der Weizen mittels einer Trommel nach einem Schüttelsieb befördert und dann zum Elevator gebracht. Der Apparat leistet etwa 20 Ztr. in der Stunde. Die Beizdauer liegt bei diesem Apparat weit unter 30 Minuten. Er war ursprünglich für das Beizen mit Formaldehyd bestimmt, bei dem bereits eine Einwirkung von 8—10 Minuten genügend wirkt.

3. Geräte für Benetzungsbeize

Von einem Gerät für Benetzungsbeize muß man verlangen, daß es eine gleichmäßige Benetzung der Getreidekörner ermöglicht; wünschenswert ist außerdem,

[1]) Oberstein, O., Eine neue Beizanlage für Saatgetreide. Deutsche Landw. Presse **48**, 1921, 19.

[2]) Dix, W., Die Beizung des Saatgetreides. Illustr. Landw. Ztg. **40**, 1920, 82; ders., Beizapparate. Ebd. 1922, 84; Ausborn, Ein neuer praktischer Beizapparat. Dtsch. Landw. Presse **50**, 1923, 388.

[3]) Riehm, E., Ein empfehlenswerter Beizapparat. Illustr. Landw. Ztg. **41**, 1921, 4.

daß die dem Getreide zugeführte Beizflüssigkeitsmenge nach Bedarf verschieden eingestellt werden kann. Die Mindestforderung einer gleichmäßigen Benetzung wird von der von Perkins[1]) beschriebenen Beizvorrichtung nicht erfüllt. Die Vorrichtung besteht aus einer länglichen Holzkiste, die durch zwei Querwände in drei Teile geteilt ist. Die Kiste ist in einem Gestell so aufgehängt, daß sie in Umdrehung versetzt werden kann. Die beiden äußeren Behälter der Kiste werden mit Getreide und der Benetzungsflüssigkeit beschickt; dann wird die Kiste 5 Minuten in Umdrehung versetzt. Es ist selbstverständlich, daß ein Teil der Benetzungsflüssigkeit schon vor beginnender Rotation von einigen Körnern aufgesaugt wird, so daß die Benetzung nicht gleichmäßig werden kann. Gleichmäßige Benetzung kann man nur von solchen Geräten erwarten, bei denen die Flüssigkeit dem in Bewegung befindlichen Getreide zugeführt wird.

Ein äußerst einfaches Benetzungsgerät wurde früher von der Firma Fritz Heinecke, Braunschweig, gebaut.[2]) Das Getreide fiel bei dieser Vorrichtung durch eine Fallröhre in einen Sack; in der Fallröhre wurde Beizflüssigkeit mittels einer feinvernebelnden Spritze dem fallenden Getreide entgegengespritzt. Auf demselben Prinzip beruhte der Beizapparat der Firma Dehne, Halberstadt. Das Getreide fällt bei diesem Apparat aus einem Trichter in einen schrägstehenden Beizzylinder. Die Kurbel, die den Beizzylinder dreht, setzt gleichzeitig eine Pumpe in Bewegung, die in den Beizzylinder Beizflüssigkeit spritzt. Bei anderen Benetzungsvorrichtungen wird die Beizlösung nicht vernebelt, sondern in Tropfenform oder in dünnem Strahl auf das Saatgut gespritzt.

Bei dem Apparat von Rockola Grain Smutter Co. strömt die Beizflüssigkeit aus einem Vorratsbehälter durch eine Düse dem Getreide entgegen, das durch einen Trichter über einen Kegel fällt und in seinem Fall ein Mischrad in Bewegung setzt. Dann fällt das Getreide noch einmal über zwei Mischkegel. Anders ist der Apparat von Leiz[3]) konstruiert, bei dem Getreide und Beizflüssigkeit aus zwei nebeneinanderliegenden Behältern über eine Leitrinne hinabgelangen. Das Getreide wird unten in einem Sack aufgefangen. Wieder in anderen Vorrichtungen wird die Flüssigkeit mit Hilfe eines Becherwerkes in die Beizrinne geschöpft, in der eine Schnecke die Durchmischung und Weiterbeförderung des Getreides übernimmt.[4]) Während bei diesen Apparaten die Menge der Benetzungsflüssigkeit regulierbar ist, läßt sich die Menge der Flüssigkeit bei dem Apparat „Cebes" von Bartels[5]) kaum verändern. Das Getreide läuft bei diesem Apparat zwischen zwei Walzen hindurch, deren Oberfläche mit aufsaugfähigem Stoff belegt und mit Beizflüssigkeit benetzt ist.

Eine große Zahl von Benetzungsgeräten sind konstruiert worden, bei denen das Getreide fortlaufend durch einen Trichter in einen Beizbottich fällt und durch ein Förderwerk wieder hinausgeschafft wird, wie z. B. bei dem Bull Doy Smut

[1]) Perkins, A. J., An effective wheat peckling maschine. Journ. of the Dept. Agric. S. Austr. **27**, 1923, 39 und Agric. Journ. India **19**, 1924, 203.

[2]) Riehm, E., Über Beizapparate. Mitteilungen der Dtsch. Landw. Ges. **42**, 1927, 677.

[3]) Leiz, F., Vorrichtung zum Beizen von Getreide nach dem Benetzungs- und Tauchverfahren. D. R. P. 415139 vom 15. 6. 1925.

[4]) Rempel, A. D., Apparat zum Beizen von Saatgetreide. D. R. P. 363399 vom 7. 11. 1922.

[5]) Bartels, Verfahren zur Beizung von Saatgut durch Benetzung. D. R. P. 465659 vom 22. 9. 1928.

Treak der Emerson Manuf. Comp. Minneapolis Minne. Bei diesen Apparaten gelangen die Brandbutten an die Oberfläche und können hier entweder von Hand abgeschöpft werden, wie bei der Beizmaschine Ara[1]) von der Firma Heid, Stockeron and Son Cleland expert smut destroyer der Cleland Manufact.-Co, Minneapolis, Minne., oder sie werden durch zuströmende Beizflüssigkeit über einen Überlauf abgeschwemmt, wie bei der Fellerschen Beizmaschine von Fellgiebel und Zierenberg (Abb. 6).[2]) Bei der Beizmaschine Ideal der Kalker-Trieurfabrik[3]) taucht eine Schlagwalze die einfallenden Körner unter und erzeugt gleichzeitig eine Strömung, die die wieder auftauchenden Brandbutten zu einer Schnecke treibt.

Die Firma Neuhaus[4]) will mit einem Ventilator die leichten Bestandteile, besonders Butten, fortblasen, so daß diese Butten nicht durch die Weizenkörner mit heruntergerissen werden. Die durch den Ventilator erzeugte Strömung auf der Oberfläche der Beizflüssigkeit bringt die Butten zu einer Schnecke, die sie hinausbefördert. Die gleiche Vorrichtung zur Buttenentfernung weist die Saatgetreidebeizmaschine „Ideal" der Sächsischen Trieurfabrik Werner & Co., Dresden auf.

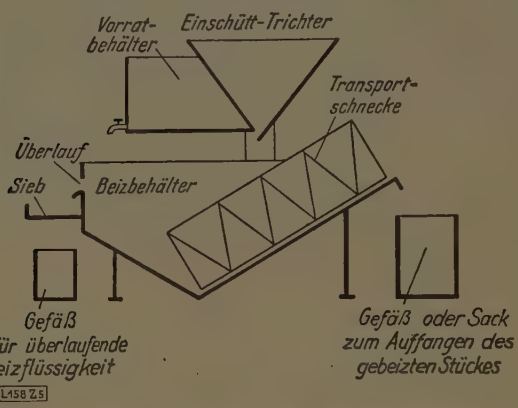

Abb. 6. Fellersche Beizmaschine (Schematische Darstellung).

Bei dem von Dr. Lang[5]) konstruierten Hohenheimer Beizapparat der Maschinenbau-G. m. b. H. Herrenberg wird das Getreide aus dem Beizbehälter durch eine mit Bürsten besetzte endlose Kette befördert. Mit Hilfe einer Pumpe wird Flüssigkeit aus einem Behälter in den Beizbottich gepumpt; durch den entstehenden Wirbel wird eine gute Benetzung der Körner und die Abschwemmung der Butten erreicht. Der Apparat leistet 4 dz in der Stunde.[6])

Bei dem fortlaufend arbeitenden Apparat der Degesch[7]) ist die Buttenentfernung nicht berücksichtigt. Das Getreide fällt in einen trichterförmigen Beizbehälter, aus dem es mitsamt der Beizflüssigkeit mit einer Pumpe durch eine Rohrleitung auf eine siebartig durchlochte Trommel befördert wird. Die Beizlösung fließt in den Beizbehälter zurück und das Getreide gelangt auf eine Fördervorrichtung.

[1]) Sonderdruck der Österreichischen Pflanzenschutz-Gesellschaft.

[2]) Vgl. Martiny, B., a. a. O.; und Riehm, E., Prüfung von Apparaten. Mitteil. der B. R. A. Heft 21, 1921, 148.

[3]) Vorrichtung zur Ausscheidung von ungesunden Körnern beim Beizen von Saatgetreide. D. R. P. 373606 vom 13. 4. 1923.

[4]) Neuhaus, G., Verfahren zum Abführen der brandigen Getreidekörner. D. R. P. 374449 vom 24. 4. 1923.

[5]) Lang, W., Der Hohenheimer Beizapparat. Technik i. d. Landwirtschaft 1923, 92.

[6]) Martiny, B., Hauptprüfung von Beizgeräten. Arbeiten der Dtsch. Landw. Ges. Heft 333, 1926, 69

[7]) Deutsche Gold- und Silberscheideanstalt. Vorrichtung zum Beizen von Saatgetreide. D. R. P. 428061 vom 27. 4. 1926.

4. Kurznaßbeizgeräte

Bei Kurznaßbeizgeräten muß die Forderung nach gleichmäßiger Benetzung aller Getreidekörner besonders betont werden, weil bei dem Kurznaßbeizverfahren nur sehr geringe Flüssigkeitsmengen angewendet werden. Die gleichmäßige Verteilung, so geringer Flüssigkeitsmengen über alle Körner ist nur dann mit Sicherheit zu erreichen, wenn die Flüssigkeit auf die in Bewegung befindlichen Körner gebracht wird. Eine behelfsmäßige Vorrichtung, die es gestattet, durch den Deckel einer Beiztrommel Beizflüssigkeit zu gießen, kann eine leidlich gleichmäßige Benetzung nur dann ermöglichen, wenn ein zweiter Arbeiter unmittelbar nach dem Eingießen der Flüssigkeit das Beizgefäß in Bewegung setzt. Eine solche behelfsmäßige Vorrichtung ist an dem weiter unten beschriebenen Trockenbeizapparat „Puck" der Firma Paul Lübke, Brieg, Bez. Breslau, angebracht.

Andere unterbrochen arbeitende Trockenbeizgeräte[1]) (Globus, Primus, Praktikus) ermöglichen eine Benetzung des in Bewegung befindlichen Getreides. Bei dem Apparat „Primus" der Firma Drescher, Halle/S., wird die Beizflüssigkeit durch die hohle Achse während der Bewegung der Beiztrommel auf das Getreide gebracht[2]) (Abb. 7), beim „Globus" durch ein bis in die Mitte des Beizbehälters reichendes Metallrohr. Bei dem Trockenbeizapparat „Praktikus" kann im Innern der Beiztrommel ein mit Löchern versehenes zylindrisches Gefäß von $1\frac{1}{2}$—2 l Inhalt auf die Achse geschraubt werden. Die Beizflüssigkeit fließt auf das Getreide, sobald der Apparat in Drehung versetzt wird.[3]) Diese drei unterbrochen arbeitenden Kurznaßbeizgeräte sind von der Biologischen Reichsanstalt als brauchbar anerkannt.[4]) In Holland wird ein Kurznaßbeizgerät von der Firma Wiersum, Groningen, hergestellt, das es gestattet, in ähnlicher Weise wie bei dem „Globus" die Beizflüssigkeit dem in Bewegung befindlichen Getreide zuzuführen.

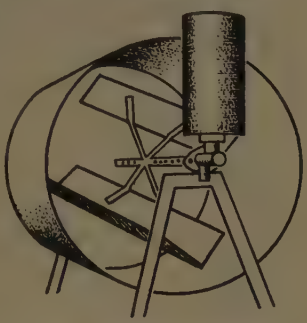

Abb. 7. Kurznaßbeizvorrichtung des Primus-Apparates.

Bei fortlaufenden Kurznaßbeizern hat man zunächst geglaubt, die Beizflüssigkeit fein verspritzen oder vernebeln zu müssen, um eine gleichmäßige Benetzung der Körner zu erreichen. So besteht eine holländische Beizvorrichtung der Firma Wiersum, Groningen, aus einer annähernd 6 m hohen Röhre, durch welche das einfließende Getreide mittels einer Schnecke herabbefördert wird. Gleichzeitig wird aus einem unter Druck stehenden Behälter aus drei Düsen Beizflüssigkeit auf das Getreide gespritzt. Bei dem Kurznaßbeizer „Pukrok" der Firma Kühne in Moson (Ungarn) wird die Beizflüssigkeit mit Hilfe einer Pumpe mit einem Druck von 1—2 Atmosphären durch eine Düse auf das Getreide gespritzt, das in einen Beizzylinder befördert und dabei durchmischt wird.

[1]) Eine Beschreibung dieser Trockenbeizgeräte folgt weiter unten.

[2]) Martiny, B., und Winkelmann, A., Hauptprüfung von Kurz' Naß- und Trockenbeizgeräten für Getreide im Jahre 1934. Mitteilungen f. d. Landw. **50**, 1935, 171.

[3]) Vgl. Nachrichtenbl. für den Dtsch. Pflanzenschutzd. **14**, 1932, 59.

[4]) Riehm, E., Beizgeräte. Flugblatt Nr. **82** der Biol. Reichs-Anst. 4. Aufl. 1938.

In Deutschland wurde der erste fortlaufend arbeitende Kurznaßbeizer von der Miag, Braunschweig, gebaut.[1]) Der Apparat (Abb. 8) unterscheidet sich durch die Vernebelung der Beizflüssigkeit von allen anderen Apparaten. Bei dem Miag-Kurznaßbeizer tropft die Flüssigkeit auf einen schnell rotierenden Teller (5000 Umdrehungen in der Minute) und wird fein vernebelt.[2]) Durch den Nebel fällt das Getreide über einen Kegel, schleierförmig verteilt, und wird so allseitig benetzt. Beim Transport durch eine in einer Mulde lagernde Schnecke wird das Getreide noch weiter durchmischt. Die Beizflüssigkeit wird aus einem Vorratsgefäß mittels einer Pumpe in den Beizbehälter befördert, aus dem sie dann auf den rotierenden Teller gelangt. Der Zufluß der Beizflüssigkeit hört automatisch auf, wenn kein Getreide mehr zuströmt. Der Apparat leistet bis zu 1500 kg Schwergetreide in der Stunde und hat sich bei der amtlichen Geräteprüfung bewährt.[3])

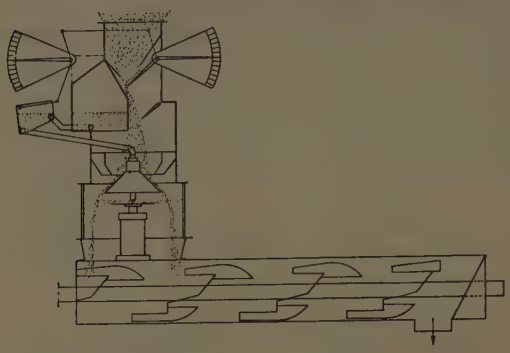

Abb. 8. Kurznaßbeizapparat der Miag (Schematische Skizze).

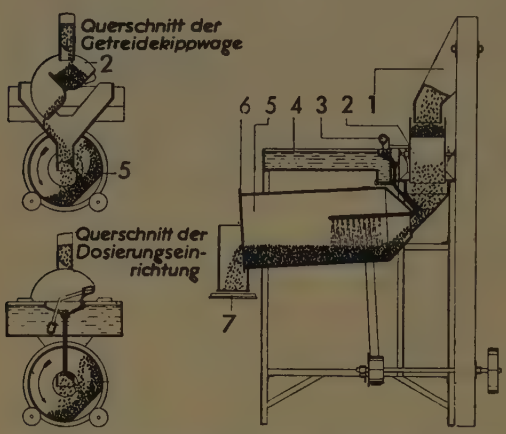

Abb. 9. Kurznaßbeizapparat Automatik (Schematische Skizze). 1 Elevator, 2 Getreide-Kippwaage, 3 Flüssigkeitsdosierung, 4 Vorratsbehälter für Beizflüssigkeit. 5 Beiztrommel, 6 Auslauföffnung.

Von dem Miag-Apparat unterscheidet sich der Kurznaßbeizapparat „Contramix" der Firma Wilhelm Lambach, Marienheide (Rheinland) dadurch, daß die Beizflüssigkeit nicht vernebelt, sondern mittels einer Pumpe durch eine Düse gedrückt und so dem einfallenden Getreide entgegengespritzt wird. Der Apparat leistet bis zu 950 kg in der Stunde und arbeitet ebenfalls zuverlässig[4]), doch stellt er insofern etwas höhere Anforderungen an die Aufmerksamkeit der Bedienung, als die Zufuhr der Beizflüssigkeit nicht selbsttätig aufhört, wenn kein Getreide mehr zufließt.

Noch einfacher ist die Zuführung der Beizflüssigkeit bei den fortlaufend arbeitenden Kurznaßbeizgeräten der Firma Meys & Co., G. m. b. H., Hennef,

---

[1]) Miag, Beizmaschinen zum feuchten Beizen. D. R. P. 531 382 vom 8. 8. 1931.

[2]) Martiny, B., und Riehm, E., Kurznaßbeizapparat Germator. Mitteilungen d. Dtsch. Landw. Ges. **47**, 1932, 228.

[3]) Martiny, B., und Winkelmann, A., Hauptprüfung von Kurznaß- und Trockenbeizgeräten für Getreide im Jahre 1934. Mitteilungen f. d. Landw. **50**, 1935, 171

[4]) Martiny, B., und Winkelmann, A., Hauptprüfung von Kurznaß- und Trockenbeizgeräten für Getreide im Jahre 1934. Mitteilungen f. d. Landw. **50**, 1935, 171.

Sieg, und Röber, Wutha, bei denen die Beizflüssigkeit weder vernebelt noch verspritzt wird, sondern auf das einströmende Getreide fließt. Trotzdem kann auch mit diesen Apparaten eine gleichmäßige Benetzung erreicht werden.[1])

Bei allen beschriebenen Kurznaßbeizgeräten muß zunächst festgestellt werden, wieviel Getreide dem Apparat stündlich zufließt; danach ist dann der Zufluß der Beizflüssigkeit zu regeln. Bei dem Röberschen Apparat kann man allerdings die Menge des zufließenden Getreides und der zufließenden Flüssigkeit an einer Skala ablesen, so daß hier die Einstellung erleichtert ist. Auch hat der Röbersche Apparat eine Vorrichtung, die beim Aufhören des Getreidezuflusses das Zuströmen der Beizflüssigkeit selbsttätig abstellt.

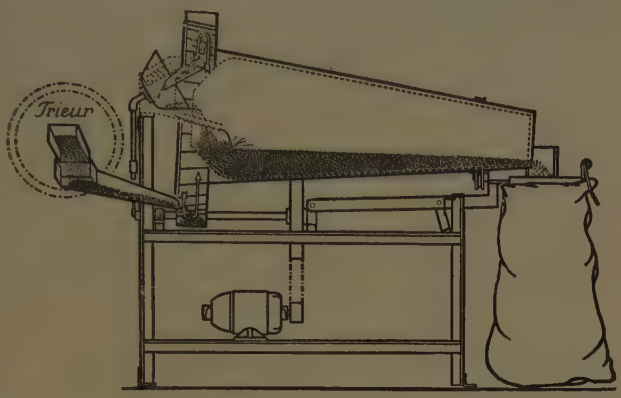

Abb. 10. Kurznaßbeizer Primator.

Einen ungeheuren Fortschritt bedeutet die Konstruktion von Kurznaßbeizapparaten, bei denen Getreidezufluß und Beizflüssigkeitszufuhr miteinander gekoppelt sind, so daß bei größeren zuströmenden Getreidemengen der Zufluß der Beizflüssigkeit entsprechend vergrößert wird.

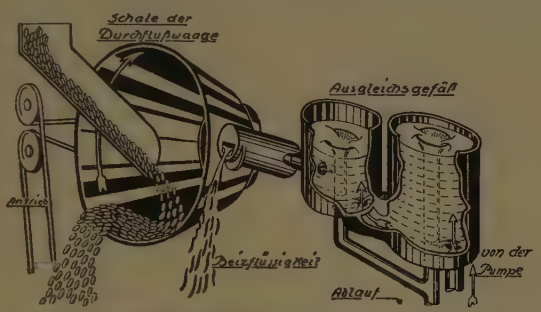

Abb. 11. Benetzungsvorrichtung des Kurznaßbeizers Primator.

Bei dem Kurznaßbeizer „Automatik", System Diplomingenieur Ott (Hersteller Neuhaus, Eberswalde), der eine Stundenleistung bis zu 1500 kg Schwergetreide aufweist, wird das Getreide durch einen Elevator über eine Waage geleitet, die mit der Beizmittelzuführung verbunden ist (Abb. 9). Die Beizlösung wird mit Hilfe von zwei Bechern aus einem Vorratsbehälter geschöpft. Durch lange Mischdauer in einer Trommel wird trotz der ruckartigen Zuführung der Flüssigkeit eine gleichmäßige Anfeuchtung erreicht. Die Konstruktion dieses Apparates ist besonders einfach, weil er keine Ventile besitzt.[2])

Im Kurznaßbeizer „Primator", System Stümpfig, der Firma Drescher[3]) (Abb. 10), der eine Stundenleistung bis zu 1200 kg Schwergetreide aufweist, läuft das Getreide

[1]) Winkelmann, A., Fortlaufend arbeitender Kurznaßbeizapparat Meys. Mitteilungen f. d. Landw. **18**, 1937, 2; ders., Fortlaufend arbeitender Kurznaßbeizapparat Bauart Stümpfig der Firma Gebr. Röber. Mitteilungen f. d. Landw. **51**, 1936, 1114 und die Technik i. d. Landwirtschaft **17**, 1936, 79.

[2]) Riehm, E., Beizgeräte. Flugblatt **82** der Biolog. Reichsanstalt. 4. Aufl. 1938.

[3]) Winkelmann, A., Fortlaufend arbeitender Kurznaßbeizapparat Primator. Mitteilungen f. d. Landw. **51**, 1936, 345 und die Technik i. d. Landwirtschaft **17**, 1936, 19.

über eine Schurre ebenfalls zu einer Waage, die mit einem Kipprohr verbunden ist (Abb. 11). Das Vorratsgefäß wird mittels einer Zahnradpumpe mit Beizflüssigkeit gefüllt.

Die beiden zuletzt genannten Apparate arbeiten, wenn sie zu Beginn richtig eingestellt sind, absolut zuverlässig und automatisch; bei beiden wird die Menge der zufließenden Beizflüssigkeit durch die Menge des zuströmenden Getreides bestimmt. Bei beiden hört daher auch die Zufuhr der Beizflüssigkeit auf, sobald kein Getreide mehr zufließt. Eine weitere Vervollkommnung der Kurznaßbeizgeräte ist kaum vorstellbar.

II. Trockenbeizgeräte

Von Regierungsrat Dr. A. Winkelmann,
Direktor der Anstalt für Pflanzenschutz und Samenuntersuchung Münster

Während die Naßbeizung im Tauch- und Benetzungsverfahren auch ohne Verwendung besonderer Apparate durchgeführt werden kann, ergibt sich bei der Trockenbeizung die unbedingte Notwendigkeit, die Beizung in einem besonderen Apparate vorzunehmen. Denn nur in einem geschlossenen Behälter ist die Möglichkeit gegeben, das Getreide innig mit dem Beizpulver zu mischen.

Bei den Trockenbeizgeräten hat man zu unterscheiden zwischen unterbrochen, periodisch oder intermittierend arbeitenden und ununterbrochen fortlaufend oder kontinuierlich arbeitenden Apparaten. Bei den ersteren wird der Apparat mit einer bestimmten Menge Saatgut beschickt, die abgewogene bzw. abgemessene Menge des Beizpulvers zugesetzt, der Apparat eine gewisse Zeit (meist 3 Minuten) bewegt und dann entleert. Bei den ununterbrochenen oder kontinuierlich-arbeitenden Apparaten wird fortlaufend Getreide und Beizmittel zugeführt und gebeiztes Getreide entnommen.

Das einfachste unterbrochen arbeitende Gerät für die Trockenbeizung ist der Beitzsack. Er besteht aus besonders dichtem Stoff und ist mit Schlaufen zum Aufhängen versehen. Mit diesen wird er an einem Wippbalken befestigt, so daß das Getreide vom Kopf- zum Fußende des Sackes und wieder zurück bewegt werden kann. Da die Anbringung eines Wippbalkens unter Umständen schwierig ist und nur verhältnismäßig geringe Stundenleistungen erzielt werden können, haben die Beizsäcke keine große Verbreitung erfahren, zumal neuerdings Apparate in den Handel gekommen sind, deren Anwendung bedeutend bequemer und die billiger als Beizsäcke sind. Nach Riehm[1]) konnte bei der Prüfung mit dem Beizsack eine gleichmäßige Bestäubung erzielt werden.

Die unterbrochen arbeitenden Beizapparate, von denen die wichtigsten Typen in Abb. 12 dargestellt sind, bestehen in den meisten Fällen aus einem Beizzylinder, der entweder an der Längs-, Quer- oder Diagonalachse aufgehängt ist. Daneben sind auch Beizapparate mit kugel-, kegelstumpf- und würfelförmigen Beizbehältern konstruiert.

---

[1]) Riehm, E., Prüfung von Trockenbeizvorrichtungen. Nachrichtenbl. f. d. dtsch. Pflanzenschutzd. **6**, 1926, 17.

Die einfachsten behelfsmäßigen Geräte sind die Abavit-Beiztrommel von der Schering A.-G., Berlin, und der Klein-Tillator von der I. G.-Farbenindustrie A.-G., Leverkusen/Rh. Beide bestehen aus einer Blechtrommel, wie sie für den Versand von pulverförmigen Mitteln gebräuchlich sind. Die Abavit-Beiztrommel faßt 15 kg Schwergetreide, der Klein-Tillator 25 kg. Beide Apparate unterscheiden sich ferner durch den Verschluß und außerdem wird bei der Abavit-Beiztrommel die Achse durch die Trommel getrieben, während beim Klein-Tillator die Zapfen zum Auflegen der Trommel und die Kurbel an einem Bandeisen befestigt sind,

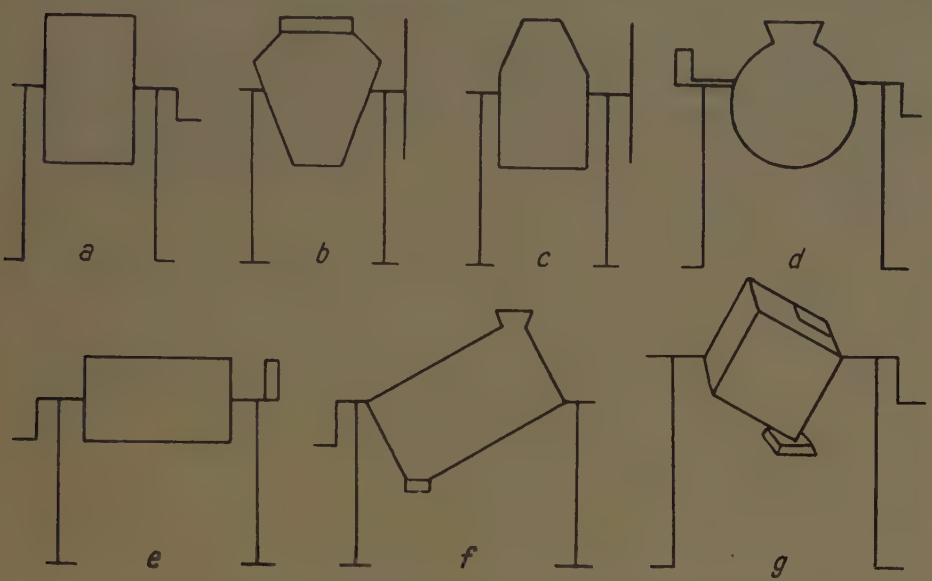

Abb. 12. (Nach Riehm.) Verschiedene Typen von unterbrochen arbeitenden Beizgeräten.

das um die Trommel gelegt wird. Bei der Prüfung durch die Biologische Reichsanstalt wurde bei Weizen mit der Abavit-Beiz-trommel[1]) bei 10 Minuten Drehzeit und beim Klein-Tillator[2]) nach 3 Minuten Drehzeit eine ausreichende Bestäubung erzielt. Bei den Versuchen von Krauß[3]) mit Kupferkarbonat war nach 3 Minuten Drehzeit bei beiden Apparaten die Bestäubung schon ausreichend. Die Abavit-Beiztrommel wird neuerdings für eine Füllung mit 35 kg Schwergetreide geliefert.

Den beiden genannten Apparaten ähnliche zum Teil selbst hergestellte werden von Melchers und Walker[4]) beschrieben.

---

[1]) Die Prüfung der „Abavit-Beiztrommel". Nachrichtenbl. f. d. dtsch. Pflanzenschutzd. **10**, 1930, 97.

[2]) Die Prüfung des Beizapparates „Klein-Tillator". Nachrichtenbl. f. d. dtsch. Pflanzenschutzd. **10**, 1930, 32.

[3]) Krauß, J., Zur Prüfung der Leistung von Trockenbeizgeräten. Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzd. **11**, 1931, 34—35.

[4]) Melchers, L. E., und Walker, H. B., The copper carbonate method of controlling bunt of wheat. Kansas Agric. Exp. Stat. Circ. **107**, 1924.

Von diesen Apparaten unterscheidet sich der Praktikus von der Firma Brodmerkel in Augsburg, Sedanstr. 10, lediglich dadurch, daß die Trommel an dem Ende, an dem der Verschluß angebracht ist, stark verjüngt und außerdem der Boden abgerundet ist. Ferner ist im Innern zur besseren Durchmischung eine Mischleiste angebracht. Der Apparat wird nicht mit einer Kurbel sondern mit einem Doppelhebel gedreht. Beim Entleeren wird der Sack an zwei Haken um die Öffnung gelegt. Der Apparat kann nach Angabe der Firma mit 50 kg Schwergetreide gefüllt werden. Nach dem Prüfungsbericht der Bayerischen Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz[1]) stand die Leistung des Apparates der anderer empfohlener Apparate nicht nach.

Der Apparat Puk der Firma Paul Lübke, Brieg, Bez. Breslau, besteht aus einem kegelstumpfförmigen Beizgefäß, das ebenfalls mit Hilfe eines Doppelhebels gedreht wird. Die weite Öffnung zum Füllen und Entleeren des Apparates wird durch einen mit Stoffrand versehenen Deckel verschlossen. Beim Entleeren wird der Sack nach dem Abnehmen des Deckels mit Hilfe eines Schnallriemens um die Öffnung gelegt. Bei der Prüfung durch die Biologische Reichsanstalt[2]) konnte bei 50 kg Füllung eine ausreichende Bestäubung mit dem Apparat erreicht werden. Bei Versuchen von Krauß[3]) haftete das zugefügte Kupferkarbonat nach 3 Minuten Drehzeit genügend. Auch bei den Prüfungen durch Puchner und Fischer[4]) und Korotkich[5]) arbeitete der Apparat zufriedenstellend.

Ein dem „Puk" sehr ähnlicher Apparat wird von der Firma Wiersum, Groningen (Holland), hergestellt. Das Beizgefäß dieses Apparates besteht aus einem kurzen Mittelzylinder, an dem oben und unten ein Kegelstumpf angesetzt ist. Der Apparat wird mittels einer Kurbel gedreht. Nach Angabe des Herstellers kann der Apparat mit 1 hl Getreide (70—85 kg) gefüllt werden.

Bei den an der Querachse drehbar aufgehängten Apparaten sind noch der Saathilfe II von der Maschinenfabrik A. Fock, Stargard (Pomm.), und ein von Nagel[6]) beschriebener Apparat zu nennen. Beide unterscheiden sich von den bisher aufgeführten dadurch, daß die Beizzylinder wesentlich kürzer sind, unter sich durch verschiedene Verschlüsse, und außerdem ist der von Nagel beschriebene Apparat mit einer Vorrichtung ausgerüstet, die eine Befeuchtung des Getreides zur Verhinderung des Stäubens ermöglicht.

Schließlich sei noch auf den Apparat „Subla", der aus einem tonnenförmigen Beizgefäß besteht und ursprünglich nur als Naßbeizapparat gedacht war, hingewiesen.

Die Apparate mit an der Längsachse drehbar aufgehängter Trommel sind am eingehendsten untersucht. Es liegen über diese Apparate Untersuchungen, ins-

---

[1]) Prüfungsergebnisse. Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzd. **12**, 1932, 59.

[2]) Riehm, E., Lübkes Trockenbeizer „Puk". Dtsch. Landw. Presse **54**, 1927, 40.

[3]) Krauß, J., Zur Prüfung der Leistung von Trockenbeizgeräten. Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzd. **11**, 1931, 34—35.

[4]) Puchner, H., und Fischer, W. E., Beizapparat „Puk" der Maschinenfabrik P. Lübke, Breslau. Technik i. d. Landw. **9**, 1928, 10—11.

[5]) Korotkich, G. I., Maschinen für Trockenbeizung des Saatgutes. Bull. of Plant Protection **2**, 1931, 115—147 (russ. mit dtsch. Zusammenfassung).

[6]) Nagel, W., Das Schnell-Beizverfahren. Angew. Bot. **9**, 1927, 420—451 (448).

besondere von Wansart[1]) und Dounine und Simsky[2]) vor. Alle Forscher konnten übereinstimmend feststellen, daß für die Beizung in diesen Apparaten die Füllhöhe und die Umdrehungsgeschwindigkeit von wesentlichem Einfluß sind. So konnte Wansart nachweisen, daß der maximale Wert für die Drehzahl bei 25 in der Minute liegt, bei einer Drehzahl bis 45 langsam fällt, um bei höheren Werten schnell zu sinken, bis das Saatgut sich bei sehr großer Drehzahl infolge der Zentrifugalkraft an die Wandung legt und nicht mehr eingestäubt wird. Bei den Untersuchungen von Dounine und Simsky zeigte sich, daß die günstigste Drehzahl je nach dem verwendeten Beizmittel verschieden ist. Für die Praxis kann die Gefahr des zu schnellen Drehens dadurch vermindert werden, daß die Apparate mit einer Übersetzung versehen werden. Hinsichtlich der Füllhöhe ist natürlich das Bestreben vorhanden, sie möglichst hoch zu wählen, um eine hohe Stundenleistung zu erzielen. Sie wird nach Wansart von den meisten Herstellern mit 65% angegeben. Auf Grund seiner Untersuchungen kommt Wansart zu dem Ergebnis, daß bei solchen Apparaten, die im Innern keine Vorrichtung zur axialen Bewegung der Füllmasse haben, ein einwandfreies Arbeiten nur zu erwarten ist, wenn die Füllhöhe unter 50% liegt. Dounine und Simsky untersuchten die Beizwirkung bei Füllhöhe von 40, 55, 70 und 85%. Dabei zeigte sich, daß der Abfall zwar je nach dem verwendeten Beizmittel verschieden ist, daß aber, von ganz wenigen Ausnahmen abgesehen, die Bestäubung bei einer Füllhöhe von 40% am besten ist. Inwieweit die bei den Apparaten mit an der Längsachse drehbar aufgehängten Trommeln auch auf anders geformte Apparate übertragen werden kann, ist bis jetzt noch nicht untersucht.

Am bekanntesten sind von dieser Form der „Ideal Nr. 1" der Kalker Trieurwerke, Heumar, Bez. Köln, und die „Primus"-Apparate der Firma Gustav Drescher, Halle/S. Beim Ideal Nr. 1 sind die Mischleisten an den Wandungen befestigt, bei den Primus-Apparaten an der Achse, sie können herausgenommen werden. Der Verschluß besteht beim Ideal aus einer Klappe, die durch einen Vorreiber festgehalten wird. Primus A und B haben einen Rundschieber, Klein-Primus einen Deckelverschluß, der durch Flügelschrauben gehalten wird. In dem Bericht über die Prüfung durch die Biologische Reichsanstalt gibt Riehm[3]) an, daß beim Ideal Nr. 1 nach $4\frac{1}{2}$ Minuten Drehzeit, beim Primus A und B nach $2\frac{1}{2}$ Minuten ein ausreichender Beizbelag auf dem Getreide vorhanden war. Bei den Versuchen von Krauß[4]) mit Kupferkarbonat war im Primus B und im Ideal nach

[1]) Wansart, O., Beiträge zur Kenntnis der Wirkungsweise und des arbeitstechnischen Wirkungsgrades von Saatgut-Trockenbeizmaschinen. Schrift. des Reichskuratoriums f. Techn. i. d. Landwirtschaft, Heft 15, 1930.

[2]) Dounine, M. S., und Simsky, A. M., Haftfähigkeit der Trockenbeizmittel. Angew. Bot. **14**, 1932, 33—78.

[3]) Riehm, E., Prüfung von Trockenbeizvorrichtungen. Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzd. **6**, 1926, 17—18; ders., Trockenbeizvorrichtungen. Mitt. d. Dtsch. Landwirt. Ges. **41**, 1926, 188—191.

[4]) Krauß, J., Zur Prüfung der Leistung von Trockenbeizgeräten. Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzd. **11**, 1931, 34—35; s. auch Martiny, B., und Winkelmann, A., Hauptprüfung von Kurznaß- und Trockenbeizgeräten. Mitt. f. d. Landw. **50**, 1935, 171—174; Winkelmann, A., Neuere Untersuchungen über Beizgeräte. Technik i. d. Landw. **16**, 1935, 4—8; Martiny, B., Technische Auswertung der Reichsnährstands-Hauptprüfung von Trocken- und Kurznaßbeizgeräten. Schriftenreihe d. Max Eyth-Ges. 1935, Heft 4, 15 S.

3 Minuten Drehzeit die Bestäubung ausreichend. Nach Untersuchungen von Korotkich[1]) wird das Saatgut im Ideal Nr. 1 nur in der Vertikalen, nicht in der Horizontalen durchmischt. Es muß daher darauf geachtet werden, daß das Beizmittel beim Einschütten über die ganze Breite verteilt wird.

Der „Lilla Harrie"-Trockenbeizapparat (Aktiebolaget Lilla Harrie Redskapsverkstad Getinge-Schweden) wird in zwei Größen für 50 und 100 kg Füllung geliefert. Der kleine Apparat hat eine, der größere zwei mit Schiebern versehene Öffnungen. Für Handbetrieb ist an dem größeren Apparat an jedem Ende eine Kurbel angebracht.

Der „Hudson Dry Pickler" (Hudson's Stores, Melbourne-Australien) hat eine von den bis jetzt genannten Apparaten wesentlich abweichende Anordnung der Mischleisten. Die Einfüllungs- und Entleerungsöffnung ist durch eine Klappe verschließbar. Der Apparat ist nach Angabe des Herstellers für die Füllung mit 1½ Bushel (ca. 40 kg) geeignet.

Einen Apparat, dessen Beizgefäß an der Längsachse drehbar aufgehängt ist und aus einem sechseckigen Beizbehälter besteht, beschreiben Mackie und Briggs.[2]) Zum Füllen und Entleeren ist der Apparat mit einer Klappe versehen. Beim Entleeren fällt das Saatgut in eine Rinne mit zwei Trichtern, an denen die Säcke angehängt werden.

Bei dem Apparat „Rotar", der von der Landwirtschaftlichen Maschinenfabrik J. Klement in Hrobce n. L. hergestellt wird, ist der Beizzylinder zu beiden Seiten der Einfüll- und Entleerungsöffnung abgeschrägt. Der Apparat wird in drei Größen für 35, 50 und 100 kg Füllung geliefert.

In diese Gruppe von Apparaten gehören auch die von Hoffman und Belton[3]), Melchers und Walker[4]), Tisdale und Tapke[5]) und von Schöller[6]) beschriebenen, deren Beizbehälter aus einer Holztonne besteht, die an der Längsachse aufgehängt ist. Im Innern sind teilweise Mischleisten angebracht. Bei manchen Apparaten wird das Einfüllen durch einen Trichter erleichtert, der an dem Haltegestell über dem Beizbehälter angebracht ist.

Von den Apparaten, deren Beizzylinder an der Diagonalachse drehbar aufgehängt sind, sind in Deutschland zwei Apparate: „Lothrä" von der Firma Brodmerkel, Augsburg, und „Simplex" von der Firma Flesch in Lüdenscheid in Westf. bekannt. Die Apparate unterscheiden sich dadurch voneinander, daß der Lothrä zwei Öffnungen, während der Simplex nur eine Öffnung hat.

---

[1]) Korotkich, G. I., Maschinen für Trockenbeizung des Saatgutes. Bull. of Plant Protection **2**, 1931, 115—147 (russ. m. dtsch. Zusammenfassung).

[2]) Mackie, W. W., and Briggs, F. N., Fungicidal dusts for the control of bunt. California Agric. Exp. Stat. Bull. **364**, 1923, 531—572.

[3]) Hoffman, A. H., and Belton, H. L., Machines for coating seed wheat with copper carbonate dust. California Agric. Exp. Stat. Bull. **391**, 1925.

[4]) Melchers, L. E., and Walker, H. B., The copper carbonate method of controlling bunt of wheat. Kansas Agric. Exp. Stat. Circ. **107**, 1924.

[5]) Tisdale, W. H., and Tapke, V. F., Smuts of wheat and rye and their control. U. S. Dep. of Agric. Farmers Bull. **1540**, 1927.

[6]) Schöller, A., Ein einfacher und sicherer Trockenbeizapparat. Dtsch. Landw. Presse **55**, 1928, 208.

Der Lothrä-Trockenbeizer ergab nach einem Bericht von Riehm[1]) bei 5 Minuten Drehzeit eine ausreichende Bestäubung. Krauß[2]) erzielte bereits nach 3 Minuten Drehzeit genügende Bestäubung. Bei der Prüfung durch Puchner und Fischer[3]) befriedigte der Apparat ebenfalls. Nach Korotkich[4]) war an der Einfüllöffnung bereits nach 40 Umdrehungen die Durchmischung und Bestäubung genügend, an der gegenüberliegenden Seite erst nach 240 Umdrehungen. Von dem Simplex-Trockenbeizer sagt Friedrichs[5]), daß der mit diesem Apparat erreichte Bestäubungsgrad gut war. Der Lothrä-Trockenbeizer wird auf Wunsch mit einem Umbau geliefert, aus dem der sich ansammelnde Staub durch einen angebrachten Ventilator abgesogen und durch ein Rohr so weit abgeleitet wird, daß die mit der Beizung beschäftigten Arbeiter nicht mehr belästigt werden.

Ganz ähnlich wie die beiden genannten Apparate sind die Apparate „Opavia" von dem Landwirtschaftlichen Zentrallagerhaus in Troppau und „Moravia" von A. Wessely, Znaim. Beide Apparate haben wie der Simplex nur eine Öffnung.

Apparate, die ebenfalls einen an der Diagonalachse aufgehängten Zylinder haben, werden von Hoffman und Belton[6]) und von Tisdale und Tapke[7]) beschrieben.

Ähnlich wie die genannten Apparate ist das Trockenbeizgerät „Bursø" von A. Munch Clausen, Bursø (Dänemark) konstruiert. Der Beizbehälter besteht jedoch nicht aus einem Zylinder aus Eisenblech, sondern aus einem eckigen Holzgefäß, das zwar nicht ganz diagonal, sondern übereck aufgehängt ist. Zur Füllung des Apparates wird ein Holztrichter aufgesetzt. Bei der Entleerung fällt das gebeizte Saatgut nach dem Entfernen des Holzschiebers ebenfalls in einen Trichter und rollt dann durch eine Rinne auf den Boden. In ihrem Prüfungsbericht geben Friis und Gram[8]) an, daß die Bestäubung gut war. Sie empfehlen aber die Anbringung einer Vorrichtung, daß ein Sack um die Öffnung gehängt werden kann, damit das Getreide aus dem Apparat direkt in den Sack fällt und das Entweichen des Staubmittels vermindert wird.

Die Form eines Würfels, der an einer Diagonalachse drehbar aufgehängt ist, hat der Beizbehälter des Apparates „Saatglück" der Firma C. Volger in München, Zweibrückenstraße. Der Apparat hat je eine Öffnung zum Einfüllen

---

[1]) Riehm, E., Prüfung von Trockenbeizvorrichtungen. Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzd. **6**, 1926, 17—18; ders., Trockenbeizer „Saathilfe" und Trockenbeizer „Lothrä I". Mitt. d. Dtsch. Landw. Ges. **43**, 1928, 1155—1156.

[2]) Krauß, J., Zur Prüfung der Leistung von Trockenbeizgeräten. Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzd. **11**, 1931, 34—35.

[3]) Puchner, H., und Fischer, W. E., Prüfung eines Trockenbeizapparates „Lothrä" der Firma Fritz Thränhardt, Leipzig. Technik i. d. Landw. **8**, 1927, 38—39.

[4]) Korotkich, G. I., Maschinen für Trockenbeizung des Saatgutes. Bull. of Plant Protection **2**, 1931, 115—147 (russ. m. dtsch. Zusammenfassung).

[5]) Friedrichs, G., Trockenbeizmaschinen. Landw. Ztg. Westf. Lippe **84**, 1927, 794—797.

[6]) Hoffman, A. H., and Belton, H. L., Machines for coating seed wheat with copper carbonate dust. California Agric. Exp. Stat. Bull. **391**, 1925.

[7]) Tisdale, W. H., and Tapke, V. F., Smuts of wheat and rye and their control U. S. Dept. Agric. Farmers Bull. **1540**, 1927.

[8]) Friis, S., und Gram, E., Tørbejdseapparatet „Bursø". Statens Redskabsprøver. **50**, 1928, 16—21.

und Entleeren, die durch Schieber verschlossen werden. Im Innern des Würfels sind zwei Mischbleche angebracht. Bei der Prüfung durch die Biologische Reichsanstalt[1]) wurde nach 3 Minuten Drehzeit ein ausreichender Bestäubungsgrad erzielt. Eine Prüfung des Apparates wurde auch von Puchner und Fischer[2]) vorgenommen.

Apparate mit würfelförmigen Beizgefäßen beschreiben auch Hoffman und Belton.[3])

Die Kugelform hat der Beizbehälter des Apparates „Globus" der Maschinenfabrik G. W. Barth, Ludwigsburg in Wttbg. Im Innern der Kugel befindet sich ein Mischblech. Beim Entleeren wird der Holzdeckel zunächst abgenommen und der Sack dann mit Hilfe eines Schnallriemens um die Öffnung gelegt. Sowohl bei der Prüfung durch die Biologische Reichsanstalt[4]) als auch bei den Versuchen von Krauß[5]) wurde bei 3 Minuten Drehzeit eine ausreichende Bestäubung erzielt. Der Apparat wird nach Angabe des Herstellers für 50, 100 und 200 kg Füllung geliefert.

Die Beizung in einem unterbrochen arbeitenden Apparat erfordert verhältnismäßig viel Arbeitskräfte bei geringer Stundenleistung. Man hat daher auf verschiedene Weise versucht, die Beizung rationeller zu gestalten. Zunächst hat man das dadurch erreichen wollen, daß man auch die unterbrochen arbeitenden Apparate mit Vorrichtungen versehen hat, die es ermöglichen, sie maschinell anzutreiben. Dann aber auch dadurch, daß man zwei Apparate nebeneinander aufstellt[6]) und sie beim maschinellen Antrieb durch einen Arbeiter bedienen läßt, der die beiden Apparate abwechselnd füllt und entleert. Die Stundenleistung läßt sich auch wesentlich steigern, wenn das Saatgut von einem höher liegenden Boden in einen Vorratstrichter in der für die Füllung des Apparates notwendigen Menge gebracht und der Trichter mit seiner Austrittsöffnung unmittelbar über der Einfüllöffnung angebracht ist, so daß die Füllung des Apparates sehr schnell vor sich geht.[7])

Die größte Vereinfachung und eine Einsparung von Arbeitskräften läßt sich ohne Zweifel durch Einschalten des Beizprozesses in einen auch sonst erforderlichen Arbeitsgang erzielen. Man kam zunächst auf den Gedanken, dies durch Aufbau eines Beizapparates auf die Drillmaschine zu erreichen. Schaffnit und Volk[8]) bezeichnen 1926 eine solche „Beiz-Drillmaschine" als ein Ideal, weil auf

---

[1]) Die Prüfung des Beizapparates „Saatglück". Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzd. **8**, 1928, 16.

[2]) Puchner, H., und Fischer, W. E., Prüfung eines Beizapparates „Saatglück" der Firma K. Volger, Eisenach (Thür.). Technik i. d. Landw. **10**, 1929, 4.

[3]) Hoffman, A. H., and Belton, H. L., Machines for coating seed wheat with copper carbonate dust. California Agric. Exp. Stat. Bull. **391**, 1925.

[4]) Die Prüfung des Beizapparates „Globus". Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzd. **7**, 1927, 123.

[5]) Krauß, J., Zur Prüfung der Leistung von Trockenbeizgeräten. Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzd. **11**, 1931, 34—35.

[6]) Zimmermann, F., Ein neuer Weg zur Saatgutbeizung. Landw. Fachpresse Tetschen. 1931, Nr. 4.

[7]) Wießell, K., Trockenbeizanlage. Dtsch. Landw. Presse **56**, 1929, 68.

[8]) Schaffnit, E., und Volk, A., Über die Roggenfusariose und ihre Bekämpfung durch die „Trockenbeize". Ztschr. Pflanzenkrankh. u. -schutz **36**, 1926, 42—52.

diese Weise jede Belästigung des Arbeiters vermieden würde und der Verlust an Beizpulver, der beim Einfüllen in die Säcke, dem Transport und dem Einfüllen in die Maschine eintritt, vermieden wird.

In Dänemark ist ein solcher Apparat „Danoplan" von der Firma Sabro & Petersen, Kopenhagen, gebaut worden. Dieser Apparat besteht aus einem Beizzylinder, der die gleiche Länge wie der Saatkasten der Drillmaschine hat. In diesem Zylinder kann eine Achse, an der Schaufeln etwas schraubenförmig und gegeneinander verstellt angeordnet sind, bewegt werden. Die Rührwelle wird mittels Kettenübertragung durch die Fahrräder der Drillmaschine angetrieben. Diese Übertragung kann durch eine Kupplung aus- und eingerückt werden. In der Beiztrommel befindet sich oben eine Einfüllöffnung, die durch einen Deckel verschlossen wird. Hinten befindet sich eine Öffnung, die durch einen Schieber geöffnet und verschlossen werden kann, zum Entleeren des gebeizten Saatgutes in den Saatkasten der Drillmaschine. Durch diese Öffnung kann der Apparat jedoch nicht völlig entleert werden, am Grunde des Zylinders ist daher eine weitere Öffnung angebracht. Bei der Prüfung durch Christensen, Friis und Gram war, nach dem Augenschein beurteilt, bereits nach 10 Minuten eine ausreichende Bestäubung der eingefüllten Gerste erreicht. Zur Feststellung, ob die Mischung auch in waagerechter Richtung gut war, wurden bei einem weiteren Versuch an der einen Seite des Beizzylinders Pferdebohnen und an der anderen Seite Gerste eingefüllt. Nach 10 Minuten war die Mischung noch nicht vollkommen. Die genannten Prüfer bemängeln das unbequeme Einfüllen, da die Einfüllöffnung zu hoch liegt. Ferner wird die Steuerung durch den Aufbau des Beizapparates etwas erschwert. Außerdem wird betont, daß das Aussäen etwas längere Zeit als ohne Beizapparat in Anspruch nimmt. In ihrem Schlußurteil bemerken Christensen, Friis und Gram[1]), daß es noch nicht ratsam ist, den Apparat für die Verwendung in hügeligen Geländen anzuschaffen.

Apparate zum Aufbau auf die Drillmaschine sind in Deutschland durch Patente Nr. 442193 Kl. 45 b Gr. 1 und 435551 Kl. 45 b Gr. 1 patentiert. Der erste Apparat unterscheidet sich von dem dänischen dadurch, daß die Mischung nicht durch ein Rührwerk in einer feststehenden Trommel, sondern wie bei einem unterbrochen arbeitenden Apparat durch Drehen der Beiztrommel erfolgt. Für das Füllen und Entleeren ist ein Schlitzverschluß vorgesehen, der durch Drehen der Trommel in entgegengesetzter Richtung sich selbsttätig öffnet. Bei dem zweiten Apparat ist der Beizbehälter zwar auch feststehend, aber ihm wird aus einem Vorratskasten fortlaufend Saatgut zugeführt. Aus einem besonderen Behälter wird ebenfalls fortlaufend Beizpulver zugegeben. Die Maschine brauchte also nur zum Füllen des Vorrats- und des Beizmittelbehälters angehalten zu werden.

Die in Deutschland patentierten Apparate sind bis jetzt nicht gebaut worden, während der dänische keine größere Verbreitung erfahren hat. Das dürfte wahrscheinlich darauf zurückzuführen sein, daß das Gewicht der Drillmaschine durch den Aufbau des Beizapparates und damit der Kraftverbrauch zu groß wird. Außerdem scheint die Zeitersparnis nicht so wesentlich zu sein, wie man zunächst angenommen hat.

[1]) Christensen, A., Friis, S., und Gram, E., Bejdsemaskinen „Danoplan". Statens Redskabsprøver **43**, 1927, 64—69.

Mit Erfolg ist man einen anderen Weg gegangen und hat Apparate konstruiert, denen fortlaufend Saatgut und selbsttätig Beizmittel zugeführt und gebeiztes Saatgut entnommen werden kann. Sehr große Arbeitsersparnis läßt sich mit diesen Apparaten erzielen, wenn sie an die immer größere Verbreitung erfahrenden Saatreinigungsanlagen angeschlossen werden. Bei dieser Kombination sind für die Beizung keine besonderen Arbeitskräfte erforderlich. Der Arbeiter, der sonst das gereinigte Saatgut fortschafft, nimmt lediglich an einer anderen Stelle das gebeizte Saatgut ab. Bei der Herstellung der ununterbrochen arbeitenden Beizapparate hat insbesondere die Konstruktion des Beizmittelzuführers erhebliche Schwierigkeiten gemacht, die in Deutschland noch durch die Forderung größer wurden, daß die Verwendung aller als brauchbar befundenen Beizmittel möglich sein soll. Der Beizmittelzuführer soll nach den vom Deutschen Pflanzenschutzdienst festgesetzten Richtlinien so genau arbeiten, daß bei derselben Einstellung bei 10 Feststellungen die Abweichung vom Mittel nicht größer als 5% ist. Weitere Schwierigkeiten hat die Konstruktion der Mischtrommel mit sich gebracht. Eine gute Beizmittelzuführung erfüllt nicht ihren Zweck, wenn das Saatgut nicht genügend eingestäubt wird. In vielen Fällen waren die Apparate nicht brauchbar, weil das Saatgut zu schnell durch den Apparat lief. Es mußte deshalb dafür gesorgt werden, daß das Getreide möglichst lange im Apparat bleibt, oder daß durch besondere Vorrichtungen in kurzer Zeit eine gute Einstäubung erfolgt. Die Konstruktion brauchbarer Apparate ist inzwischen verschiedenen Firmen in befriedigender Weise gelungen. Aber auch bei brauchbaren Apparaten erfordert die Bedienung weit größere Sorgfalt als bei unterbrochen arbeitenden Apparaten. Es muß daher unbedingt gefordert werden, daß die Einstellung des Apparates, vor allem die des Dosierungsapparates, möglichst einfach ist. Von der Biologischen Reichsanstalt bzw. dem Deutschen Pflanzenschutzdienst wird neuerdings verlangt, daß die Apparate eine Vorrichtung haben, mit der die Menge des fallenden Beizpulvers bequem festgestellt werden kann und so nach Feststellung der in einer bestimmten Zeit durchlaufenden Getreidemenge die erforderliche Menge Beizpulver eingestellt werden kann. Erstrebenswert ist es bei den Trockenbeizgeräten auch, daß die Beizmittelzuführung sich selbsttätig nach der Menge des zufließenden Getreides einstellt, wie es neuerdings bei Kurznaßbeizgeräten der Fall ist.

Bei den kontinuierlich arbeitenden Apparaten sollen hier wie in Amerika drei Typen unterschieden werden.[1]) Der mit sich drehender Trommel (revolving-cylinder), der mit feststehender Trommel (stationary-cylinder) und der „gravity" Typ. In Deutschland ist in erster Linie der erste Typ gebaut worden. Mit dem zweiten, bei dem die Durchmischung in einem feststehenden Beizzylinder durch ein bewegliches Rührwerk erfolgt, wurden bis jetzt in Deutschland im allgemeinen keine guten Erfahrungen gemacht. Der dritte Typ, bei dem das Saatgut beim Herabfallen in einem „Turm" mit dem Beizpulver gemischt wird, ist in Deutschland fast unbekannt.

Wie schon betont, ist in Deutschland in der Hauptsache der Typ mit der sich drehenden Beiztrommel in Betrieb. Dabei kann man zwei Systeme unterscheiden,

[1]) Haskell, R. J., Leukel, R. W., and Boerner, E. G., Stinking smut (bunt) in wheat and how to prevent it (Tilletia). U. S. Dept. Agric. Circ. **182**, 1931.

das mit waagerechter und das mit ansteigender Beiztrommel. Von dem ersten System sind folgende Apparate zu nennen: „Saatschule“ (Maschinenfabrik F. Schule, G. m. b. H., Hamburg 35, Hammerdeich 70/94) (Abb. 13). Der Apparat besteht aus einer etwas geneigt gelagerten Mischtrommel, in der Greifer so angeordnet sind, daß das Saatgut immer von neuem gefaßt und hochgehoben wird. Die Mischtrommel ist am Auslauf mit einem Holzring versehen, der Auslauflöcher für das Saatgut besitzt, deren Größe durch einen eisernen Stellring geregelt wird. Bei der ursprünglichen Ausführung lief das gebeizte Saatgut über ein schräg liegendes rundgelochtes Blech, das das überschüssige Beizmittel absieben sollte. Eingeleitet wird das Saatgut durch ein Blechrohr am vorderen Ende der Beiztrommel. Die Beizmittelzuführung wird durch Verstellen einer viereckigen Öffnung im Boden des Beizmittelbehälters mittels eines Schiebers, der außen an einer Skala läuft, reguliert. Das Rührwerk besteht aus mehreren übereinander an einer Achse angeordneten flachen Eisenstäben. Von diesen streicht der unterste dicht über dem Boden und drückt dadurch das Beizmittel durch die Bodenöffnung. Das Beizmittel kann in einem mitgelieferten Kästchen aufgefangen und somit die Beizmittelzuführung entsprechend reguliert werden. Neuerdings wird der Apparat auch mit konischem Zahnradvorgelege geliefert. Bei dieser Ausführung wird die Drehung der Beiztrommel nicht wie früher durch Riemenscheiben und Rollen, sondern durch Zahnräder und Ketten auf das Rührwerk im Beizmittelbehälter übertragen. Diese Ausführung hat außerdem den Vorteil, daß die Beizmittelzuführung unabhängig vom Gesamtapparat ausgeschaltet werden kann. Nach dem Prüfungsbericht der Biologischen Reichsanstalt[1]) arbeitete die Pulverzuführung gleichmäßig und die Bestäubung des behandelten Getreides war genügend. Von einem Apparat, der mit einem etwas anderen Beizmittelzuführer ausgerüstet war, sagt Friedrichs[2]), daß nach Beseitigung einiger Mängel und bei sorgfältiger Bedienung eine erfolgreiche Beizung des Saatgutes möglich sei.

Abb. 13. Trockenbeizapparat Schule.

[1]) Die Prüfung des kontinuierlich arbeitenden Trockenbeizapparates der Maschinenfabrik F. H. Schule, Hamburg. Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzd. **7**, 1927, 123.

[2]) Friedrichs, G., Die Trockenbeizung des Getreides mittels Dauerbeizmaschinen. Fortschr. d. Landwirtsch. **3**, 1928, 58—68.

„Saathilfe" (Maschinenfabrik Fock, Stargard i. Pomm.). Bei diesem Apparat wird das Saatgut durch eine Walze in stets gleichbleibender Menge der Mischtrommel zugeführt. Die Menge des zugeführten Getreides läßt sich durch einen Schieber regeln. Die Mischtrommel ist in der Längsachse durch eine gelochte Blechwand geteilt. Außerdem sind vier Schaufelbleche in der Trommel angebracht. Das gebeizte Saatgut wird durch einen an der hinteren Stirnwand befestigten Schöpfer dem Absackstutzen zugeführt. Um eine bequeme Reinigung der Trommel zu ermöglichen, ist sie mit zwei abnehmbaren Klappen versehen. Der Beizmittelzuführer ist bei diesem Apparat in die Mischtrommel eingebaut. Er wird oben durch einen leicht abnehmbaren Deckel dicht verschlossen. Am anderen in die Trommel ragenden Ende ist eine Auswurfwalze angebracht, die mit einer Zahnscheibe festverbunden ist, in die bei jeder Umdrehung der Mischtrommel ein Hebel greift, der die Auswurfwalze betätigt. Durch eine Abstreiffeder wird das Festsetzen des Beizmittels in den Rillen der Auswurfwalze verhindert. Die Auswurfmenge wird durch Begrenzung des Drehwinkels der Auswurfwalze bestimmt. Der Drehwinkel wird durch eine Scheibe begrenzt, auf der der oben genannte Hebel ruht, und die dieselben Umdrehungen macht wie die Mischtrommel. Die Scheibe hat an ihrem Umfang eine verstellbare Unterbrechung. Mittels dieser und mit Hilfe einer Skala wird der Drehwinkel der Auswurfwalze eingestellt. Da der Beizmittelbehälter mit der Trommel rotiert, wird das Beizpulver ohne besondere Rührvorrichtung genügend gelockert. Der in die Trommel eingebaute Beizmittelbehälter hat den Nachteil, daß der Apparat von Zeit zu Zeit angehalten werden muß, um Beizpulver nachzufüllen. Außerdem ist darauf hinzuweisen, daß die Feststellung der fallenden Beizpulvermenge nur nach Ausbau der gesamten Zuführungsvorrichtung und des Beizbehälters möglich ist. Bei der Prüfung durch die Biologische Reichsanstalt[1]) arbeitete die Beizpulverzuführung regelmäßig. Die Bestäubung des gebeizten Getreides war genügend gleichmäßig.

„Groß-Tillator-Höchst" (I. G.-Farbenindustrie A.-G., Leverkusen a. Rh.). Die Mischtrommel hat bei diesem Apparat nur eine Länge von 1 m. Das Saatgut wird durch die Vorderwand eingeleitet. Im Innern der Trommel sind vier Greifleisten angebracht, die parallel zur Achse laufen, auf ihnen sitzen schmale Blechstreifen, die zum vorderen Ende der Trommel zeigen. Zwischen den Greifleisten ist eine Förderschnecke aus Eisenblech befestigt, die an den Greifleisten jedesmal unterbrochen ist. Die Öffnung an der Hinterwand der Trommel wird durch eine Scheibe verschlossen, die von außen her verschiebbar ist, so daß ein kleiner oder größerer Rundschlitz entsteht, durch den das gebeizte Saatgut in das Auslaufgehäuse und von da in die Absackstutzen befördert wird. Der Beizmittelzuführer ist ein dreiteiliger runder Behälter. Das Mittelstück trägt den Auswurfmechanismus. Der Boden hat in kreuzweiser Anordnung am Rande vier halbkreisförmige Öffnungen. Über ihn pendelt eine Schwingscheibe mit den gleichen Öffnungen. Über der Schwingscheibe liegt die sog. Stellscheibe mit vier Ausschnitten am

[1]) Prüfung des kontinuierlich arbeitenden Trockenbeizapparates der Maschinenfabrik A. Fock, Stargard i. Pomm. Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzd. **8**, 1928, 27; Riehm, E., Trockenbeizer „Saathilfe" und Trockenbeizer „Lothrä I". Mitt. d. Dtsch. Landw. Ges. **43**, 1928, 1155—1156.

Rande, mit denen sich die Öffnungen der Schwingscheibe bei der Aufnahmestellung ganz oder zum Teil decken. In der Auswurfstellung der Schwingscheibe decken sich ihre Öffnungen mit den Bodenöffnungen. Das Auswerfen des Beizmittels erfolgt folgendermaßen: Durch eine außerhalb des Zuführers vor einer Skala angebrachten Schraube wird die mit ihr verbundene Stellscheibe so verschoben, daß die Öffnungen der in die Aufnahmestellung pendelnden Schwingscheibe so weit abgedeckt sind, daß nur die gewünschte Beizpulvermenge in die Öffnungen fallen kann. Die von außen her durch einen besonderen Antrieb bewegte Schwingscheibe pendelt dann in die Auswurfstellung, führt dabei in ihren vier Öffnungen die aufgenommene Menge Beizmittel mit, die dann durch die Bodenöffnungen austritt. In dem nach unten konisch zulaufenden Behälter sind noch einige Vorrichtungen angebracht, durch die ein Festsetzen des Beizpulvers verhindert wird. In dem Prüfungsbericht der Biologischen Reichsanstalt[1]) wird die Pulverzuführung als gleichmäßig arbeitend, die Bestäubung als genügend gleichmäßig bezeichnet. Friedrichs[2]) sagt in seiner Mitteilung über die Versuche mit dem Apparat, daß die Beizmittelzuführung sehr gleichmäßig und die Ausnutzung des zugeführten Beizpulvers recht hoch war. (Der Apparat wird nicht mehr hergestellt.)

Die Apparate Saatschule und Groß-Tillator-Höchst werden auf Wunsch mit einer Absaugvorrichtung geliefert.

Trockenbeizapparat der Firma Gebr. Jehmlich, Nossen (Sa.). Eine Beschreibung des Apparates und ein Prüfungsbericht liegen nicht vor. Nach Angabe des Herstellers beträgt die Länge der Beiztrommel bei einer Stundenleistung bis 750 kg 650 mm, über 750 kg 1000 mm.

„Vester-Aaby Beitsemaskine FNI" (A/S. Jens Nielsens Maskinfabrik Vester-Aaby-Dänemark). Von dieser Maschine liegt eine eingehende Beschreibung leider auch nicht vor (Abb. 14). Aus dem von der Herstellfirma zur Verfügung gestellten Prospekt ist zu erkennen, daß bei der Maschine eine Vorrichtung zum Auffangen des Beizpulvers angebracht und daß die Beiztrommel leicht geneigt ist. Der Apparat ist insofern bemerkenswert, als er eine Vorrichtung zum Entwickeln von Wasserdampf hat, der in den hinteren Teil der Beiztrommel eingeleitet wird, sich auf das Korn niederschlagen und somit ein Stäuben beim Herabfallen des gebeizten Saatgutes verhindern soll.

Weitere vier Modelle dieses Systems beschreiben Hoffman und Belton.[3]) Die Einzelheiten sind aus den Abbildungen und Beschreibungen im allgemeinen nicht zu erkennen. Aus den Schnittzeichnungen eines Apparates geht die Konstruktion des Beizmittelzuführers und der Beiztrommel hervor. Der Beizmittelzuführer besteht demnach aus einem Gehäuse, das seitlich eine verstellbare Öffnung hat. In dem Behälter läuft eine Welle, auf der vier Leisten angebracht sind. Diese Leisten nehmen das Beizpulver mit und werfen es durch die seitliche Öffnung aus.

---

[1]) Die Prüfung des fortlaufend arbeitenden Trockenbeizgerätes „Groß-Tillator" der I. G.-Farbenindustrie A.-G. Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzd. **10**, 1930, 23.

[2]) Friedrichs, G., Der Trockenbeizer für Dauerbetrieb: „Groß-Tillator-Höchst." Dtsch. Landw. Presse **56**, 1929, 743.

[3]) Hoffman, A. H., and Belton, H. L., Machines for coating seed wheat with copper carbonate dust. California Agric. Exp. Stat. Bull. **391**, 1925.

Die etwas geneigte Beiztrommel hat im Innern eine große Zahl von Greifblechen, die so angeordnet sind, daß sie das Beizgut immer wieder zurückwerfen und so einen zu schnellen Durchgang durch die Trommel verhindern. Das letzte Stück der Trommel wird von einem feinmaschigen Sieb gebildet, durch das das über-

Abb. 14. Vester-Aaby Beitsemaskine FNI. Hersteller Jens Nielsens Maskinfabrik Vester Aaby (Dänemark). Nach einer Werbeschrift des Herstellers.

schüssige Beizpulver abfallen soll. Abbildungen von ähnlichen Apparaten bringen auch Haskell und Leukel[1]) und Melchers.[2])

In Rußland sind von diesem System in der Hauptsache zwei Modelle bekannt:

„Pobieda" System P. N. Dawydow. Bei diesem Apparat ist der Beizbehälter sechseckig. In ihm sind drei Greiferbleche angebracht. Am Ende der Trommel befindet sich in jeder Seite der Trommel eine Öffnung, durch die das Saatgut in eine geneigte Rinne fällt und in den angehängten Sack läuft. Nach Popow[3]) und Korotkich[4]) sind die Schwankungen in der Zuführung sehr groß. Der Apparat ist noch verbesserungsbedürftig.

---

[1]) Haskell, R. J., and Leukel, R. W., Boerner, E. G., Stinking smut (bunt) in wheat and how to prevent it (Tilletia). U. S. Dept. Agric. Circ. **182**, 1931.

[2]) Melchers, E. L., Controlling stinking smut of wheat by copper carbonate method. Kansas Stat. Agric. Coll. 1927, X-Form 230.

[3]) Popov, S. D. (Modern machinery for the control of pests and diseases of farm crops). Bull. Plant. Prot. **2**, 1931, 1—75 (56).

[4]) Korotkich, G. I., Maschinen für Trockenbeizung des Saatgutes. Bull. Plant Prot. **2**, 1931, 115—147 (russ. m. dtsch. Zusammenfassung).

Die Maschine „B. N. Muchatschew" ist insofern besonders erwähnenswert, als bei ihr nicht eine sondern drei Trommeln vorhanden sind, die an einer gemeinsamen Achse befestigt sind. Das Saatgut läuft zunächst in die innere konisch geformte Trommel ein, kommt dann in die zweite entgegengesetzt konische Trommel und schließlich in die dritte der ersten gleich gerichteten konischen Trommel. Aus dieser fällt es, nachdem das überschüssige Beizpulver entfernt ist, in den Sack. Die Beizmittelzuführung erfolgt folgendermaßen: In dem Pulverbehälter läuft eine Walze, auf der Leisten angebracht sind. Diese Leisten streichen über ein Sieb am Grunde des Behälters. Die Größe des Siebes kann durch einen Schieber verstellt werden. Nach Korotkich ist der Apparat verbesserungsbedürftig. Vor allem arbeitet die Zuführungsvorrichtung zu ungleichmäßig.

Die Apparate mit ansteigender Trommel, in der das Beizgut vermittels einer archimedischen Schnecke zum Auslauf befördert und gleichzeitig durchmischt wird, haben den Vorteil, daß der Aufschütttrichter niedrig liegt, und daß trotzdem die Absackstutzen in normaler Höhe angebracht sind. Bekannt sind von diesem System in der Hauptsache die Fabrikate zweier deutscher Firmen: Neuhaus, Eberswalde und Gebr. Röber, Wutha (Thür.). Die Apparate unterscheiden sich vor allem in der Beizmittelzuführung.

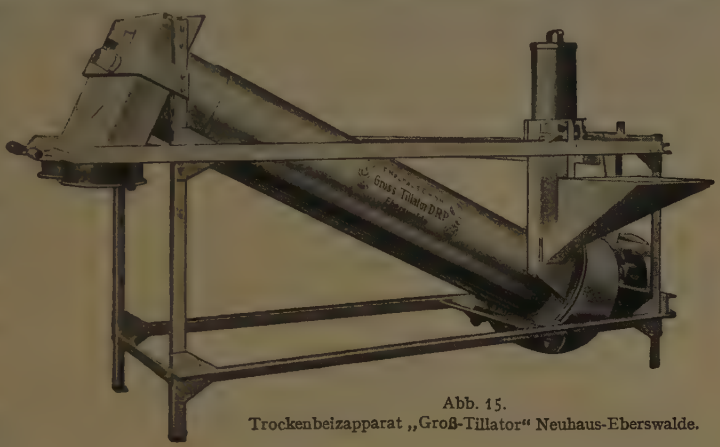

Abb. 15.
Trockenbeizapparat „Groß-Tillator" Neuhaus-Eberswalde.

Bei den „Groß-Tillatoren 12 und 30" (Abb. 15) von Neuhaus, Eberswalde, ähnelt der Beizmittelzuführer in seinem wesentlichen Teile dem des Groß-Tillator-Höchst. Der Boden des Zuführers wird durch drei mit je zwei untereinanderliegenden Löchern versehenen Scheiben gebildet. Die unterste dieser Scheiben steht fest. Die oberste ist von außen her durch eine Schraube einstellbar und bestimmt durch die Abdeckungen der Löcher der mittleren Scheibe, die sie bei den verschiedenen Stellungen einnimmt, die Dosierung des Beizpulvers. Die mittlere Scheibe wird bei laufender Beizmaschine um einen gleichbleibenden Winkel hin und her bewegt. Bei der weitesten Stellung nach der einen Seite fällt eine der Abdeckungen durch die obere Scheibe entsprechende Beizpulvermenge in die Löcher der mittleren Scheibe, bei der weitesten Stellung nach der anderen Seite wird diese Beizpulvermenge durch die Löcher der untersten Scheibe ausgeworfen. In dem Beizpulverbehälter sind noch verschiedene Vorrichtungen angebracht, die den Druck des Beizpulvers gleichmäßig gestalten und es dauernd auflockern sollen. Die Bewegung der mittleren Scheibe wird durch ein Hebelsystem mit Rückzugfeder bewirkt, das durch die Drehungen der Beiztrommel und

einer Kurvenschiene am Boden der Beiztrommel bei jeder Umdrehung einmal hin und her bewegt wird. Die Beizmittelzuführung kann durch einen Klemmhebel ein- und ausgeschaltet werden. Der Einlauf des Getreides vom Einschütttrichter her kann durch einen Schieber reguliert werden. Bei Eintritt in den Zuführungskanal zur Beiztrommel wird das Saatgut mit Beizpulver bestreut und gelangt dann zunächst in einen Einlauf oder Vormischzylinder, der einen wesentlich größeren Durchmesser als die eigentliche Beiztrommel hat. Durch einen Schöpfarm wird das Saatgut aus der Vormischtrommel in die eigentliche Beiztrommel gebracht. Im Innern der Beiztrommel befindet sich eine sog. archimedische Spirale mit 25 Windungen, durch die das Korn vorwärtsgeschoben und mit dem Beizpulver vermischt wird. Die Mischung wird noch durch besondere etwa senkrecht zu den Schneckenwindungen stehende Mischleisten gefördert. Am oberen Ende der Beiztrommel fällt das Beizgut in einen Absackkopf mit zwei Sackstutzen. Der Trommelmantel besteht aus zwei Hälften, die durch Schrauben miteinander verbunden sind. Zur Reinigung kann die eine abgenommen werden. Auch das Innere der Vormischtrommel ist nach Abschrauben eines Teiles der Vorderwand zugänglich. Die Apparate Groß-Tillator 12 und 30 unterscheiden sich lediglich in den Ausmaßen der Beiz- und Vormischtrommel, und damit in ihrer Stundenleistung. 12 leistet 400—600 kg, 30 bis zu 1500 kg. Bei der durch die Biologische Reichsanstalt[1]) vorgenommenen Prüfung arbeitete die Dosierungsvorrichtung gleichmäßig. Die Bestäubung war bei manchen Versuchen ebenso gut wie bei unterbrochen arbeitenden Apparaten, bei anderen etwas geringer. Die Bestäubung läßt sich nach Ansicht von Winkelmann[2]) durch eine kleine Abänderung an den Apparaten, die von den Herstellern zugesagt ist, verbessern.[3])

Außer den genannten Apparaten stellte die Firma Neuhaus noch einen Apparat „Groß-Tillator 30 A" (Abb. 16) her, der hinsichtlich der Beiztrommel genau dem „Groß-Tillator 30" gleicht. Der Beizmittelzuführer ist an einem sonst anders gebauten Apparat von Friedrichs[4]) beschrieben. Danach wird das Beizmittel durch einen Schlitz im Boden des Beizmittelbehälters ausgeworfen. Dieser Bodenschlitz wird durch einen unter dem Boden des Beizmittelbehälters und mit der Verschlußplatte verbundenen Eisenstab, der durch einen Nocken des Antriebsrades der Rührwelle zurückgedrückt und durch eine Feder in die ursprüngliche Lage gebracht wird, geöffnet und verschlossen. Auf der Verschlußplatte sitzt ein Zapfen, der die Öffnung säubert. Am Anfang der Getreidezuführung ist eine Eisenplatte angebracht, die je nach der Menge des zufließenden Getreides mehr oder weniger geöffnet wird. Die Bewegung der Klappe wird durch Hebel auf eine

---

[1]) Die Prüfung des kontinuierlichen Trockenbeizapparates „Groß-Tillator 30" der Firma F. Neuhaus G. m. b. H., Eberswalde. Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzd. **10**, 1930, 104.

[2]) Winkelmann, A., Neue Beizgeräte. Dtsch. Landw. Presse **58**, 1931, 5.

[3]) S. auch: Martiny, B., und Winkelmann, A., Hauptprüfung von Kurznaß- und Trockenbeizgeräten. Mitt. f. d. Landw. **50**, 1935, 171—174; Winkelmann, A., Neuere Untersuchungen über Beizgeräte. Technik i. d. Landw. **16**, 1935, 4—8; Martiny, B., Technische Auswertung der Reichsnährstands-Hauptprüfung von Trocken- und Kurznaßbeizgeräten. Schriftenreihe d. Max Eyth-Ges. 1935, Heft 4, 15 S.

[4]) Friedrichs, G., Ein neuer Trockenbeizapparat für kontinuierliche Arbeitsweise. Dtsch. Landw. Presse **55**, 1928, 568.

Abb. 16. 3 Apparate „Groß-Tillator 30 A" zu einem Apparat zusammengebaut Neuhaus-Eberswalde.

Eisenplatte übertragen, die etwas geneigt in einer Fassung hin- und hergleiten kann. Auf der Platte ist eine gezähnte Stahlleiste befestigt, gegen die die Verschlußstange stößt. Je nach der durch die Menge des zufließenden Getreides bedingten Stellung der Platte kann die Stoßstange austreten und der Bodenschlitz wird mehr oder weniger weit geöffnet. Es leuchtet ohne weiteres ein, daß bei einwandfreiem Arbeiten dieser Vorrichtung und bei Beizung großer Mengen Saatgutes die Beizmittelersparung erheblich sein kann. Bei der Prüfung durch Friedrichs[1]) schwankte die in 6 Minuten fallende Beizmittelmenge (etwa 300 g) im Höchstfalle um 6 g. Bei bestimmter Einstellung stimmten die in einer Minute durchfallenden Beizmittelmengen innerhalb der Fehlergrenzen. Nach Popov[2]) und Korotkich[3]) arbeitet die automatische Beizmittelzuführung an dem Apparat von Neuhaus nicht gleichmäßig, und die Bestäubung ist daher auch nicht gleichmäßig. Außerdem bemängelt Korotkich, daß der Zuführungsmechanismus leicht angegriffen wird. Obwohl mehrere Maschinen zu einem Aggregat vereinigt werden können, die durch eine Zuführungsschnecke gespeist werden, ist nach Angabe von Korotkich die Stundenleistung mit 1,5 t jedes einzelnen Apparates für Sowjetsaatzuchtwirtschaften nicht groß genug.

Der Trockenbeizapparat „Röber" der Firma Gebr. Röber, Wutha (Thür.), hat eine etwa in demselben Winkel ansteigende Trommel mit Schnecke wie die Apparate der Firma Neuhaus, während bei einem früheren von Friedrichs beschriebenen Apparat von Röber die Trommel wesentlich schwächer geneigt war.

[1]) Vgl. Fußnote 4 S. 146.

[2]) Popov, S. D., (Modern machinery for the control of pests and diseases of farm crops). Bull. Plant Prot. **2**, 1931, 1—75 (56).

[3]) Korotkich, G. I., Maschinen für Trockenbeizung des Saatgutes. Bull. Plant Prot. **2**, 1931, 115—147 (russ. m. dtsch. Zusammenfassung).

Bei den neuerdings gebauten Apparaten der Firma hat die Schnecke in der Beiztrommel wesentlich mehr Windungen (etwa 40) als bei den Neuhausschen Apparaten. Außerdem fehlen die Vormischtrommel und die senkrecht zu den Windungen der Schnecke angebrachten Mischleisten. Der Beizmittelzuführer besteht aus einem zylindrischen Gefäß, an das ein wesentlich engeres unten angesetzt ist. Über die schräg abfallende Bodenfläche des weiteren Teiles streicht ein an der in dem weiteren Teil hineinragenden Welle, die durch Riemen und Zahnradübertragung angetrieben wird, befestigtes Schabeisen, das ein Festsetzen des Beizmittels verhindern und es außerdem langsam in den engeren Teil befördern soll. An der Welle ist ferner gegenüber dem Schabeisen eine kleine Eisenplatte angebracht, die ein Herabfallen des Beizmittels an dieser Stelle verhindern soll. In den engeren Teil ragt ein Kegel, über den ebenfalls ein Schabeisen streicht und das Beizmittel durch eine seitliche Öffnung treibt, die durch einen Stellring, der durch einen außen am Behälter als Zeiger ausgebildeten Hebel, der sich auf einer Skala bewegt, verstellt werden kann. Der von Friedrichs[1]) an einem anderen Apparat beobachtete Übelstand, daß sich die Austrittsöffnung verstopft, wird dadurch verhindert, daß hinter dem Schabeisen eine kleine Stahldrahtbürste angebracht ist, die die Öffnung säubert. Nach dem Austreten fällt das Beizmittel in einem Rohr senkrecht herab und trifft mit dem Saatgut beim Ausströmen aus dem Aufschütttrichter zusammen. An dem Abfallrohr ist auch eine Vorrichtung für das Auffangen des Beizmittels angebracht. Als Besonderheit ist bei dem Röberschen Apparat noch die automatische Waage zu erwähnen. Sie wird im wesentlichen aus einer Schale, auf die das Saatgut beim Austritt aus dem Ausschütttrichter strömt, gebildet. Die Schale ist mit einem Gewichte ausgewuchtet. An der Verbindung zwischen Waagschale und Gewicht ist ein Zeiger angebracht, der auf einer Skala läuft, auf der die Gewichte des eintretenden Saatgutes angezeigt werden. Bei den Versuchen der Biologischen Reichsanstalt[2]) zeigte die Waage bei Schwergetreide mit etwa 10% Gewicht Genauigkeit an. Es hat sich aber gezeigt, daß die Waage in der Praxis die Gewichte des durchlaufenden Getreides oft nicht richtig angibt und daher keinen Anhaltspunkt für die Beizmitteleinstellung bietet. Bei diesen Versuchen arbeitete die Zuführungsvorrichtung gleichmäßig. Die Bestäubung war genügend und gleichmäßig. Auch im Dauerversuch zeigten sich an dem Apparat keine Störungen. Außer der geprüften Größe mit einer mittleren Stundenleistung von 500 kg beabsichtigt die Firma, noch zwei Apparate mit größeren Stundenleistungen herzustellen.[3])

Von den Apparaten mit feststehender Beiztrommel sind in Deutschland in der Hauptsache die Fabrikate von zwei Firmen bekannt.

Der Apparat „Ideal" Größe Nr. III, Modell 29 der Firma Mayer & Cie,

[1]) Friedrichs, G., Die Trockenbeizung des Getreides mittels Dauermaschinen. Fortschr. d. Landw. **3**, 1928, 58—68.

[2]) Prüfung des kontinuierlichen Trockenbeizapparates „Separat" der Firma Gebr. Röber G. m. b. H., Wutha (Thür.). Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzd. **11**, 1931, 103.

[3]) S. auch: Martiny, B., und Winkelmann, A., Hauptprüfung von Kurznaß- und Trockenbeizgeräten. Mitt. f. d. Landw. **50**, 1935, 171—174; Winkelmann, A, Neuere Untersuchungen über Beizgeräte. Technik i. d. Landw. **16**, 1935, 4—8; Martiny, B., Technische Auswertung der Reichsnährstands-Hauptprüfung von Trocken- und Kurznaßbeizgeräten. Schriftenreihe d. Max Eyth-Ges. 1935, Heft 4, 15 S.

Köln/Heumar besteht aus einem in einem Eisengestell in Absackhöhe waagerecht gelagerten Beizzylinder, der vorn und hinten durch Deckel verschlossen ist, von denen der hintere zwei Absackstutzen trägt. Vorn seitlich befindet sich im Zylinder eine viereckige Öffnung, durch die das Saatgut einfließt. In dem Zylinder rotiert auf einer Längsachse angebracht ein Schlagwerk aus sechs nahe der Wandung verlaufenden Eisenbändern, die etwas schräg zur Achse verwunden sind, so daß sie das Saatgut auch weiter befördern. Eine Schlagseite ist mit einer Gummikante versehen. Das Schlagwerk soll 40 Umdrehungen in der Minute machen. Die Zuführung des Beizmittels erfolgt durch einen Zuführer, der im Prinzip dem des Groß-Tillator-Höchst gleicht. Im Boden des Behälters sind aber wie beim Groß-Tillator-Neuhaus nur zwei Austrittsöffnungen vorhanden. Ferner liegt die Schwingscheibe über der Stellscheibe. Der Antrieb erfolgt durch Segmenthebelübertragung. Nach Mitteilung von Herrn Dr. Friedrichs, Münster, wurde die Maschine nach seinen Angaben folgendermaßen umgebaut: Die Zahl der Schlagleisten wurde auf drei herabgesetzt und die Verbindung der Leisten vergrößert. Jede Schlagseite erhielt eine Wischkante aus Gummi. Die Umdrehungszahl des Schlagwerkes wurde auf 30 herabgesetzt. Schließlich wurde der Auswurfmechanismus des Zuführers durch zwei Drahtschlangen verstärkt. Während die Maschine in der ursprünglichen Form den Anforderungen nicht genügte, ist sie nach Mitteilung von Friedrichs nach diesen Abänderungen brauchbar.

Bei dem Trockenbeizapparat „Kynast" von der Firma Fellgiebel & Zierenberg, Hermsdorf bei Hirschberg i. Rgb., ist der Beizmittelbehälter hinter dem Aufschütttrichter angeordnet. Der Austritt des Beizmittels wird durch Verstellen einer Öffnung im Boden des Behälters reguliert. Nach dem Austritt wird das Beizmittel durch eine Schnecke in den vorderen Teil des Beizgefäßes befördert, das aus einem viereckigen Holzkasten besteht, der im Grunde als Mulde ausgebildet ist. In dem Beizgefäß läuft eine Holzwalze mit spiralig verlaufenden Vertiefungen und Erhöhungen. Auf den Erhöhungen sind Bürsten angebracht, die das Beizpulver an das Saatgut „anreiben" sollen. Die Saatgutzuführung erfolgt durch eine Walze. Der Apparat wird nach Angaben des Herstellers für Stundenleistungen von 400 bis 1000 kg geliefert.

Abb. 17. „Gaston Spiral Grain Pickler" Gaston Bros. Propety Ltd. Kensington (W 1), Melbourne (Australien). Nach einer Werbeschrift des Herstellers.

Der „Carter Smut Treater" (Hart Carter Comp. Minneapolis Minn.) besteht aus einer Wanne

Abb. 18. „Federal Dry Pickler" T. Robinson & Co. Propety Ltd. Spootswood Victoria (Australien). Nach einer Werbeschrift des Herstellers.

von ca. 180 mm Breite und 1,40 m Länge, in der das Saatgut durch eine Schnecke mit dem Beizpulver gemischt und weiterbefördert wird.

Von den bisher beschriebenen Apparaten dieses Systems unterscheidet sich der „Gaston Spiral Grain Pickler" (Gaston Bros. Pty. Ltd. Kensington (W 1) Melbourne/Australien) (Abb. 17) wesentlich. Der Umfang des Beizbehälters ist bei diesem Apparat größer als dessen Länge. In dem Behälter wird eine Spirale aus durchlöchertem Blech bewegt. Saatgut und Beizpulver werden in die äußere Windung der Spirale eingeleitet. Durch Querleisten auf der Spirale wird das Beizgut daran gehindert, zu schnell durchzulaufen. Aus der inneren Windung wird das Beizgut zur Absackvorrichtung gebracht.

Neuerdings sind in Australien zwei Apparate auf dem Markt erschienen, wie sie in ähnlicher Ausführung ursprünglich von der Firma Neuhaus gebaut wurden. Beide Apparate haben einen schräg aufsteigenden feststehenden Beizbehälter. Bei dem „Federal Dry Pickler" (T. Robinson & Co. Pty. Ltd. Spootswood/Victoria/Australien) (Abb. 18) wird das Saatgut nach dem Auslauf aus dem Einschüttrichter mit dem Beizpulver durch ein Rührwerk gemischt und kommt dann auf einen Elevator, auf dem eine weitere Durchmischung und der Transport zum Auslauf erfolgt. Die Förderbleche des Elevators bestehen aus durchlöchertem Eisenblech, so daß das überschüssige Beizpulver entfernt wird. Von dem zweiten Apparat, dem „Perfect Portable Dry Pickler" (Schumacher Mill Furnishing Works Pty. Ltd. Port Melbourne, Victoria/Australien), bei dem der Beizbehälter sehr viel steiler steht, liegt eine genauere Beschreibung nicht vor.

Eine Abbildung von einem weiteren Apparat mit feststehendem Beizzylinder befindet sich im Circular Nr. 182 des U. S. Department of Agriculture.

Die Kombination eines Apparates mit rotierender und feststehender Trommel stellt die „Bishop's dry wheat pickling and dusting machine" (Bishop's Implements Proprietary Ltd., West Footcray, Victoria/Australien) dar. Der Apparat besteht aus einer weiteren Beiztrommel, die sich dreht, und je einem engeren Zylinder am vorderen und hinteren Teil des Apparates, der feststeht. Durch den ganzen Apparat geht eine Achse, an der eine Misch- und Förderschnecke angebracht ist, die nur etwa in der Mitte kurz unterbrochen ist. In dem Beizpulverbehälter, der aus einem weiteren und engeren Teil besteht, sind eine Feder und an zwei Wellen Stäbe angebracht, die das Beizpulver auflockern sollen. Nach

dem Austritt am Grunde des Behälters wird das Pulver durch eine Schnecke dort hinbefördert, wo das Saatgut einläuft. Eine Vormischung erfolgt bereits in dem vorderen engeren Teil. Das Saatgut wird dann weitergeschoben, fällt in den weiteren Teil des Apparates, wird herumgeworfen, trifft beim Herunterfallen auf eine schiefe Ebene, die aus gelochtem Blech besteht, so daß das überschüssige Beizpulver entfernt wird und rollt in den hinteren engeren Teil, in dem eine nochmalige Mischung und das Befördern zum Absackstutzen erfolgt. Nach brieflicher Mitteilung von Herrn R. L. Twentyman vom Department of Agriculture in Melbourne ist der Apparat in Australien weit verbreitet und hat sich dort bewährt.

Der „Gravity Typ" (Abb. 19) ist zunächst in Amerika gebaut worden. Zwei Systeme dieses Types sind von Hoffman und Belton[1]) beschrieben worden. Bei dem ersten System ist die Fallhöhe des Saatgutes etwa 3 m. In dem „Turm" sind an den gegenüberliegenden Seiten in bestimmten Winkeln Stufen so angebracht, daß das Saatgut von einer Stufe zur anderen herabrollt. Unten befindet sich ein schräg gestelltes Sieb, durch das das überschüssige Beizpulver entfernt werden soll. Das Beizmittel wird durch einen Ventilator oben in den Turm eingeblasen. Durch den Ventilator wird auch das abgesiebte Pulver dem Beizgut wieder zugeführt. Die Zuführung arbeitete nach Hoffman und Belton jedoch nur dann gleichmäßig, wenn die bereits bei dem Apparat mit drehender Beiztrommel beschriebene Zuführungsvorrichtung eingebaut wurde.

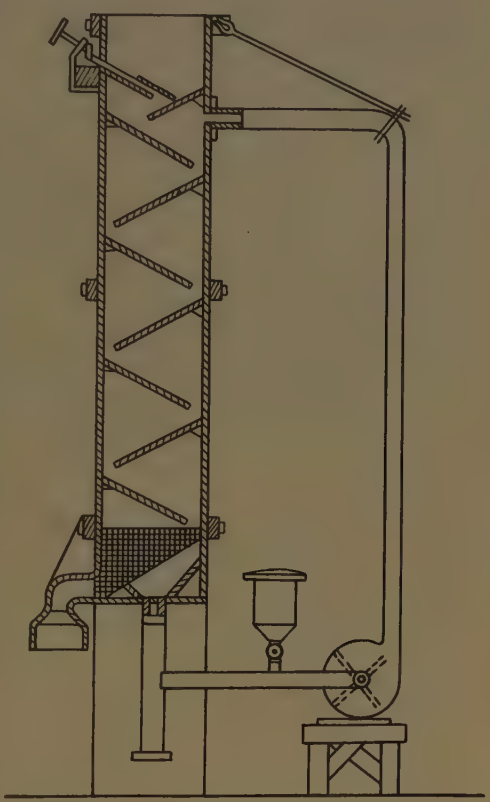

Abb. 19. Trockenbeizapparat des „Gravity Typs" nach Hoffmann und Belton.

Bei dem weiteren von den genannten Autoren beschriebenen Apparat sind die Stufen stärker geneigt. Die Höhe des „Turmes" beträgt etwa 5 m. Das Beizpulver wird oben durch eine Zuführungsvorrichtung neben dem Getreideeinlauf eingeleitet. Nach dem Durchlauf durch den Apparat fällt das Beizgut in einen Trichter, an dem der Sack angehängt wird. Der Sack ist von einem Gehäuse umgeben, aus dem der entweichende Staub durch einen Ventilator abgesogen wird.

Ein Apparat nach demselben Prinzip wurde neuerdings in Rußland gebaut.

[1]) Hoffman, A. G., and Belton, H. L., Machines for coating seed wheat with copper carbonate dust. California Agric. Exp. Stat. Bull. **391**, 1925.

Er trägt die Bezeichnung „Nylow II" und weicht insofern von den amerikanischen Systemen ab, als das Saatgut nicht über Stufen abwärtsrollt, sondern abwechselnd durch Trichter und über unter diesen Trichtern angebrachte Kegel läuft. Am Grunde des „Turmes" wird das Saatgut über ein Sieb in zwei Tröge geleitet, in denen es durch Schnecken zu den Absackstutzen gebracht wird. An diesem befinden sich automatische Waagen. Der Antrieb der Beizmittelzuführung erfolgt durch ein Zellenrad, das durch das einlaufende Getreide bewegt wird. Beim Aufhören des Getreidezulaufes hört auch die Beizmittelzuführung auf. In dem Beizmittelbehälter ist ein besonderes Rührwerk angebracht. Die Zuführung kann zunächst durch einen Kegel auf der Speiseschnecke verstellt werden, außerdem durch Auswechseln der Antriebszahnräder. Das Saatgut läuft nach Angabe von Korotkich[1]) in 5 Sekunden durch den Apparat. Bei der durch Korotkich vorgenommenen Prüfung waren die Schwankungen in der Beizmittelzuführung recht beträchtlich. Korotkich bezeichnet die Bestäubung als nicht schlechter als bei den geprüften Apparaten von Neuhaus älterer Konstruktion.

Ein Apparat, der in seiner Konstruktion zwar wesentlich von den beschriebenen abweicht, im Prinzip aber doch zum „Gravity"-Typ zu rechnen ist, wird von der Maschinenfabrik W. Fust, Wismar (Meckl.) hergestellt. Der Apparat besteht aus einem großen Fülltrichter, in dessen Mitte sich ein verstellbares Rohr zur Aufnahme des Beizmittels befindet. Unten ist das Rohr durch einen Kegel abgeschlossen, der auf einer Stange befestigt ist, die durch eine Turbine in Bewegung gesetzt wird. Die Kraft zur Bewegung der Turbine wird von dem herabfallenden Getreide geliefert. Wenn die Turbine bewegt wird, dreht sich der Kegel und es fällt Beizpulver heraus. Nachdem das Saatgut über die Turbine gelaufen ist, rieselt es durch einen zweiten Trichter. Schließlich rollt es über ein schräg gestelltes Sieb in den Sack. Der Apparat hat je nach Leistung, die vom Hersteller mit 500 bis 800 kg angegeben wird, eine Höhe von $1\frac{1}{2}$—2 m und einen Durchmesser von 0,5—0,75 m.

Der Apparat „Victor" (Norrahammars Bruk, Norrahammar-Schweden) weicht ebenfalls wesentlich von dem ursprünglichen „Gravity"-Typ ab. Er besteht aus einem Beizzylinder, der senkrecht in einem Gestell aufgehängt ist. In dem Zylinder wird ein Rührwerk bewegt. Oben auf dem Zylinder befindet sich ein kleiner Trichter für das Saatgut und die Beizmittelzuführung. Die Getreidezufuhr wird durch einen Schieber geregelt. Der Antrieb kann durch eine Handkurbel oder durch maschinelle Kraft erfolgen. Nach dem Durchlauf durch die Maschine rollt das Saatgut über ein Sieb seitwärts in den Sack. Die Höhe des Auslaufs kann durch Verstellen des Beizzylinders in dem Gestell reguliert werden. Die Stundenleistung des Apparates beträgt nach Angabe des Herstellers 1200 kg.

Über die Apparate des „Gravity"-Typ liegen eingehende Untersuchungen, über die mit diesen Apparaten zu erzielende Ausnutzung des zugefügten Beizpulvers nur von Korotkich[1]) über den „Nylow 2" vor. Bei dieser Prüfung ergaben sich, wie schon betont, sehr große Unterschiede bei der Beizmittelzuführung, so daß auf die Ausnutzung des zugefügten Beizpulvers keine sicheren Schlüsse gezogen

[1]) Korotkich, G. I., Maschinen für Trockenbeizung des Saatgutes. Bull. Plant Prot. 2, 1931, 115—147 (russ. m. dtsch. Zusammenfassung).

werden können. Da das Saatgut den Apparat sehr schnell — bei dem Nylow 2 z. B. in 5 Sekunden — durchläuft, erscheint es fraglich, ob von den Apparaten dieses Types überhaupt eine ausreichende Ausnutzung des zugefügten Beizpulvers erwartet werden kann, da verschiedentlich festgestellt wurde, daß für die „Anreibung" des Pulvers eine längere Zeit erforderlich ist.[1])

Bei der Besprechung der Apparate ist verschiedentlich betont worden, daß sie bei der Prüfung zufriedenstellend arbeiteten. Es ergibt sich daraus die Frage, welche Anforderungen müssen an einen brauchbaren Apparat gestellt werden, und wie wird die Brauchbarkeit ermittelt. Zunächst zur letzten Frage. Da man zunächst annahm, daß bei der Beizung nur ein Vermischen des Saatgutes mit dem Beizmittel erfolge, glaubte man, die Brauchbarkeit eines Apparates sei bereits gegeben, wenn eine gründliche Durchmischung des Saatgutes stattfinde. Da aber nach den Untersuchungen von Wansart nicht nur ein Vermischen, sondern ein „Anreiben" des Beizpulvers erfolgt, kann der Grad der Durchmischung nicht als Maßstab für die Brauchbarkeit eines Apparates angesehen werden. Da Wansart außerdem feststellen konnte, daß die Mischverhältnisse bei Zusatz von Beizpulvern andere sind, als wenn Saatgut ohne Beizpulver gemischt wird, ist die von Korotkich vorgeschlagene Methode, die Wirkungsweise dadurch festzustellen, daß verschieden gefärbte Körner in die Beizgefäße geschüttet werden und die Mischung nach gewissen Zeiten zu beobachten, kaum brauchbar.

Die Bestäubung des in einem Apparat gebeizten Saatgutes ließe sich zunächst einmal dadurch feststellen, daß infiziertes Saatgut in dem Apparat gebeizt, dann ausgesät und der Befall festgestellt würde. Die Feststellung der Brauchbarkeit eines Apparates würde aber oft daran scheitern, daß nicht genügende Mengen infizierten Saatgutes zur Verfügung stehen würden, und außerdem würde man erst nach verhältnismäßig langer Zeit ein Resultat haben. Man sucht daher die Brauchbarkeit eines Apparates mit solchen Methoden zu ermitteln, die nicht infiziertes Saatgut erfordern und außerdem in kurzer Zeit zu einem Resultat führen.

Die Gleichmäßigkeit des Beizmittelbelages sucht Riehm[2]) auf folgende Weise zu ermitteln: Aus dem zu prüfenden Apparat werden an verschiedenen Stellen Proben entnommen und aus diesen Proben je 200 Körner mit der Lupe untersucht und in stark, ziemlich stark und schwach bestäubte Körner eingeteilt. Auf diese Weise läßt sich zwar die Gleichmäßigkeit des Belages recht gut feststellen, es ist aber nicht möglich, zu sagen, ob die am Korn haftende Beizpulvermenge genügen würde, die Krankheitserreger in ausreichendem Maße abzutöten. Friedrichs[3]) vergleicht daher die sortierten Körner mit solchen, die im Glaskolben mit einer Menge des betreffenden Beizpulvers gebeizt wurden, die sich bei Bekämpfungsversuchen als wirksam ergeben hatte. Später stellt Friedrichs den Bestäubungsgrad, d. i. die am Getreide haftende Beizpulvermenge dadurch fest, daß er aus dem zu prüfenden Apparat Proben entnimmt und diese

[1]) Winkelmann, A., Untersuchungen über die Haftfähigkeit von Trockenbeizmitteln. Angew. Chemie **45**, 1932, 238—241.

[2]) Riehm, E., Prüfung von Trockenbeizvorrichtungen. Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzd. **6**, 1926, 17.

[3]) Friedrichs, G., Über die Prüfung von Beizmitteln und Beizmaschinen. Landw. Ztg. Westf. Lippe **85**, 1928, 641—643.

in etwa 2 cm tiefe flache Gläser füllt. Im Glaskolben mit verschiedenen Beizpulvermengen, unter anderen auch mit der als wirksam erkannten, gebeizte Proben werden dann ebenfalls in gleiche Gläser gefüllt und durch Vergleichen der aus dem Apparat gezogenen Proben mit den Gläsern der Testreihe der Bestäubungsgrad ermittelt. Die Feststellung des Bestäubungsgrades mit Hilfe der Testreihen läßt sich dann verhältnismäßig gut ausführen, wenn das Beizpulver eine von der Kornfarbe stark abweichende Färbung hat. Sie gestaltet sich aber schwierig, wenn das Beizpulver in seiner Färbung sich nur wenig von der des Kornes abhebt. Für solche Fälle schlägt Winkelmann[1]) die Anwendung folgender Methode vor: Das Beizpulver wird mit geringen Mengen eines fein gepulverten Farbstoffes versetzt und kräftig durchgeschüttelt. Dieses Pulver wird dann für die Beizung verwendet. Die aus dem Apparat entnommenen Proben werden in einen Glaskolben gebracht und auf 100 g 1 ccm Wasser zugesetzt und 1 Minute geschüttelt. Nachdem das Getreide dann getrocknet ist, wird es in gleiche Gläser gefüllt, wie sie Friedrichs verwendet. Die „Testreihen" werden auf dieselbe Weise hergestellt wie bei der von Friedrichs angewendeten Methode, nur wird auch das mit Farbstoff versetzte Beizpulver verwendet. Nach dem Beizen wird das überschüssige Beizpulver entfernt, indem jede Probe vorsichtig auf Papier geschüttet und die Getreidekörner beiseite geschoben werden. Darauf werden die Proben wieder in einen Glaskolben gefüllt und ebenfalls mit 1 ccm Wasser auf 100 g versetzt und 1 Minute geschüttelt. Da mit den verschiedenen Beizpulvermengen auch verschiedene Mengen Farbstoff an das Korn gelangen, die durch den Zusatz der Flüssigkeit sichtbar gemacht werden, ist es möglich, den Bestäubungsgrad zu ermitteln. Bei den Versuchen von Winkelmann bewährten sich Ponceaurot, von dem 10 g auf 1 kg Beizpulver und Methylrot, von dem 8 g auf 1 kg Beizpulver zugesetzt wurden. Während Ponceaurot durch Zusatz von Wasser zum Ansprechen gebracht wird, ist bei Verwendung von Methylrot der Zusatz einer Säure erforderlich.

Eine weitere von Verhoeven ausgearbeitete Methode ist die Friedrichs beschriebene.[2]) Bei der Verwendung eines Trockenbeizmittels, das neben dem gesetzlich vorgeschriebenen blauen wasserlöslichen noch alkohollöslichen Farbstoff enthält, wird der Beizbelag folgendermaßen ermittelt: 10 g Weizen werden mit 15 ccm oder 15 g Gerste mit 20 ccm oder 10 g Hafer mit 20 ccm 96%igem Alkohol 3—4 Minuten in einem Glaskolben geschüttelt. Der gefärbte Alkohol wird abfiltriert oder zentrifugiert. Die Lösungen werden dann mit einer auf dieselbe Weise hergestellten Testreihe verglichen.

Die Schering A. G. gibt für die Bestimmung des Bestäubungsgrades des mit ihrem Mittel Abavit-Neu gebeizten Getreides folgende Anweisung: Von der Probe werden bei Weizen, Roggen und Gerste 25 g, bei Hafer 15 g in einem Erlenmeyerkolben von 200 ccm mit 20 ccm einer Lösung von Ammoniak übergossen. Man verwende 10%igen Liquor amonii caustici DAB 6, den man im

---

[1]) Winkelmann, A., Zur Methodik der Bestimmung des Bestäubungsgrades trockengebeizten Getreides. Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzd. **9**, 1929, 3—5.

[2]) Friedrichs, G., Die Bestimmung des Bestäubungsgrades trockengebeizten Saatgetreides bei der Lohnbeizkontrolle. Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzd. **13**, 1933, 25—27.

Verhältnis 1 : 20 mit destilliertem Wasser verdünnt. Nachdem man den Kolben genau eine Minute durchgeschüttelt hat, wird die rosa gefärbte Flüssigkeit sofort in ein Reagenzsglas abfiltriert (Filter Nr. 597, Schleicher & Schüll), wobei die Getreidekörner schon im Kolben zurückgehalten werden müssen. Die gefärbten Lösungen werden dann ebenfalls mit einer „Testreihe" verglichen.

Mit Hilfe der „Testreihen" ist es zwar möglich festzustellen, ob der Beizbelag gleichmäßig ist, und ob die am Korn haftende Beizpulvermenge die Krankheitserreger in ausreichendem Maße abtöten würde. Es läßt sich aber nicht genauer ermitteln, welche Menge von dem zugefügten Beizpulver tatsächlich am Getreide haftet. Diese Feststellung läßt sich nur durch chemische Untersuchung des Beizbelages ermöglichen. Für die Bestimmung des Beizmittelbelages liegen bis jetzt eingehende Erfahrungen nur für kupferhaltige Beizmittel vor. Zur Feststellung des Beizbelages werden nach Hilgendorff[1]) 100 g gebeiztes Getreide auf einem Papierbogen ausgebreitet und vorsichtig auf ein anderes Stück Papier geschoben. Auf diese Weise werden grobe Verunreinigungen zurückgehalten. Das Getreide wird dann in einem Kolben 6—7mal mit 100—150 ccm Äther tüchtig ausgeschüttelt. Der nach dem Abdestillieren des Äthers verbleibende Rückstand wird mit wenig Äther in eine geräumige Porzellanschale gespült. Um etwa im Glaskolben zurückgebliebenes Beizpulver zu erfassen, wird dieser mit 10 ccm Schwefelsäure und 10 ccm Salpetersäure (spez. Gew. 1,52) ausgespült und nach dem Verdunsten des Äthers zum Schaleninhalt gegeben. Zur Zerstörung der organischen Substanz wird der Schaleninhalt dann unter dem Abzug unter Umrühren solange erhitzt, bis nach dem Entweichen rotbrauner Nitrogase weiße Schwefelsäuredämpfe entweichen. Ist die Lösung noch braun gefärbt, muß die Behandlung mit Salpetersäure so lange wiederholt werden, bis die Lösung wasserhelle oder schwach grünlichblaue Färbung zeigt. Zur Beseitigung der Salpetersäure wird zur Lösung etwa die siebenfache Menge Wasser gegeben und dann das Wasser wieder verdampft. Darauf wird mit Wasser auf 250 ccm verdünnt und am besten über Nacht stehen gelassen, damit die in der Flüssigkeit fein verteilten unlöslichen Teile sich vollständig absetzen und gut abfiltrieren lassen. 200 ccm des Filtrates werden auf etwa 400 ccm verdünnt, mit wenig Salzsäure versetzt und in die auf etwa 90° C erhitzte Lösung Schwefelwasserstoff eingeleitet. Nach dem Erkalten wird der Niederschlag abfiltriert, mit essigsäurehaltigem Schwefelwasserstoffwasser gewaschen und das kurze Zeit im Trockenschrank getrockenete Filter verascht. Aus dem Gewicht des zurückbleibenden CuO läßt sich dann die am Korn haftengebliebene Menge des Beizpulvers errechnen. Da nur 95% des Beizmittels erfaßt werden, müssen der Berechnung 5% hinzugezählt werden.

Die Tatsache, daß nach der vorstehenden Methode je nach dem verwendeten Beizmittel nur 91—96% von der zugefügten Menge wiedergefunden wurde, veranlaßte Wansart[2]), die Bestimmung des Beizbelages nach folgender Methode durchführen zu lassen:

---

[1]) Hilgendorff, G., Über die Bestimmung der Haftfähigkeit von Trockenbeizmitteln. Fortschr. d. Landwirtsch. **3**, 1928, 725—728.

[2]) Wansart, O., Beiträge zur Kenntnis der Wirkungsweise und des arbeitstechnischen Wirkungsgrades von Saatgut-Trockenbeizmaschinen. Schrift. d. Reichskuratoriums f. Technik i. d. Landw. Heft 15, 1930.

50 g gebeiztes Getreide werden in einen Erlenmeyerkolben von 500 ccm Inhalt mit einer etwa bis zur Siedehitze erwärmten Lösung von 4 ccm Salpetersäure (spez. Gew. 1,4) in 50 ccm destilliertem Wasser 2 Minuten lang kräftig geschüttelt und geschwenkt und die Lösung vorsichtig, damit keine Körner mitgerissen werden, bis zum langsamen Abtropfen in ein Becherglas abgegossen. Dieser Vorgang wird nochmals wiederholt und dann in gleicher Weise das Getreide 5 mal mit je 50 ccm siedendem Wasser je 2 Minuten nachgewaschen. Die gesamte Lösung von etwa 350 ccm wird dann langsam bis auf 80 ccm eingedampft und durch ein quantitatives Filter, das so lange auszuwaschen ist, bis Lakmuspapier keine Säurereaktion mehr gibt, filtriert. Die Lösung von etwa 150 ccm muß nun vollständig klar sein und grünlichgelbe Färbung zeigen. Nach abermaligem langsamen Eindampfen bis auf 50—60 ccm kann das Kupfer aus ihr elektrolytisch abgeschieden werden. Die Lösung wird zu diesem Zweck in eine gründlich gereinigte ausgewogene Platinkathodenschale gegeben von etwa 75 ccm Inhalt, die als Anode dienende Rührscheibe eingestellt und in Umdrehung versetzt und ein Strom von etwa 2,8 Volt Spannung eingeleitet. Die Kupferabscheidung ist bei einer Beizmittelmenge von 75 g auf 1 Ztr. in etwa $\frac{3}{4}$ Stunden beendet. Zur Nachprüfung, ob die gesamte Kupfermenge abgeschieden ist, werden einige Kubikzentimeter destilliertes Wasser in die Schale gegeben und diese schräg gestellt. Scheidet sich nach $\frac{1}{4}$ Stunde kein Kupfer mehr ab, wird der Schaleninhalt abgehebert und immer wieder so viel destilliertes Wasser zugegeben, daß der Stromdurchgang nicht unterbrochen wird. Ist der Inhalt so stark verdünnt, daß er nicht mehr sauer reagiert, so wird die Schale mit einer Nickelzange abgenommen, ausgegossen und in Alkohol gelegt. Darauf wird sie im Vakuum-Exsikkator getrocknet und gewogen. Nach Angabe von Wansart wurden bei Anwendung dieser Methode bei einer größeren Zahl von Bestimmungen Schwankungen von $2\frac{1}{2}$ g auf 1 Ztr. festgestellt. Bei Anwesenheit von Arsen konnte dieses im Schalenbelag nicht nachgewiesen werden.

Im Institut für Pflanzenkrankheiten in Landsberg/Warthe wird der Beizmittelbelag nach folgender Methode ermittelt[1]):

Das gebeizte Getreide wird 3 mal mit 5%iger Schwefelsäure je $\frac{1}{2}$ Stunde geschüttelt. Nach jedem Schütteln wird durch einen feinporigen Porzellantrichter filtriert. Die schwefelsauren Ausschüttelungen werden in einer Porzellanschale eingedampft, und zwar so lange, bis weiße Nebel von SO_3 entweichen. Dann wird vorsichtig mit destilliertem Wasser verdünnt, filtriert und im Schnell-Elektrolysierapparat von Fischer analysiert.

Die Bestimmung des Beizbelages nach den beschriebenen Methoden ist verhältnismäßig umständlich und erfordert verhältnismäßig viel Zeit. Nach einer neueren ebenfalls von Hilgendorff[2]) ausgearbeiteten Methode läßt sich der Beizbelag zuverlässig in verhältnismäßig kurzer Zeit feststellen. Bei dieser Methode wird der nach dem Abdestillieren des Äthers verbleibende Rückstand

---

[1]) Wansart, O., Beiträge zur Kenntnis der Wirkungsweise und des arbeitstechnischen Wirkungsgrades von Saatgut-Trockenbeizmaschinen. Schrift. d. Reichskuratoriums f. Technik i. d. Landw. Heft 15, 1930.

[2]) Hilgendorff, G., Über die Bestimmung des Beizbelages an trockengebeiztem Getreide. Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzd. **10**, 1930, 33.

mit etwa 25 ccm destilliertem Wasser und 5% Eisessig versetzt und so lange geschüttelt, bis sich der Rückstand vom Boden ablöst. Zur Flüssigkeit wird beim Vorhandensein von Arsen zur Oxydation des Arsens so viel Bromwasser hinzugefügt, daß die Lösung gelbbraun gefärbt ist. Das überschüssige Brom wird dann durch etwa 10 Minuten langes Kochen entfernt. Die Färbung der Flüssigkeit geht dabei von Gelbbraun in Grau über. Nach dem Erkalten wird zur Lösung 10 ccm frisch bereitete farblose 20%ige Kaliumjodidlösung gegeben, mit Wasser auf etwa 100 ccm verdünnt und dann das ausgeschiedene Jod sofort mit $\frac{1}{20}$ n Natriumthiosulfatlösung bis zur gelblichen Färbung der Flüssigkeit und darauf nach Zusatz von Stärke bis zum Umschlag von Blau in Hellgelb titriert. Die Titration ist erst dann beendet, wenn die hellgelbe Färbung sich mehrere Minuten hält. Aus der Menge der verbrauchten Thiosulfatlösung — 1 ccm $\frac{1}{20}$ n Thiosulfatlösung entspricht 0,003178 g Cu — läßt sich dann die Menge des in der Lösung vorhandenen Kupfers und damit die dem Getreide anhaftende Beizpulvermenge berechnen. Bei der Berechnung ist noch zu berücksichtigen, daß nach dieser Methode bei Tillantin ebenfalls nur 95% des Beizmittels erfaßt werden. In der beschriebenen Form ist die Methode stets dann anzuwenden, wenn das verwendete Beizpulver wie Tillantin neben Kupfer noch Arsen enthält. Fehlt Arsen, so kann man auf die Brombehandlung des Rückstandes verzichten. Bei Verwendung mancher Präparate kann man die Methode dadurch abkürzen, daß man den Äther mit dem darin suspendierten Beizmittel durch einen Goochtiegel saugt und nach dem Absaugen die Asbestschicht und das Porzellanplättchen vorsichtig aus dem Goochtiegel in einen weithalsigen Erlenmeyerkolben bringt und den Goochtiegel mit 30 ccm der oben angegebenen heißen Essigsäure ausspült. Im übrigen verfährt man wie oben beschrieben. Da nicht bei allen Mitteln die gleichen Mengen erfaßt werden, ist stets zunächst durch einen Blindversuch festzustellen, welche Mengen des Beizpulvers wiedergefunden werden.

Für die Bestimmung des Beizbelages bei Verwendung von Kupferkarbonat schlägt Krauß[1]) folgende Methode vor: 100 g des Beizgutes werden nach Entfernen des nichthaftenden Beizpulvers in einen 750er Erlenmeyerkolben gegeben, 100 ccm 25%ige Essigsäure zugefügt, mit einem Gummistopfen verschlossen und 2 Minuten kräftig geschüttelt. 50 ccm von der dekantierten Flüssigkeit werden darauf in einer Glasschale zur Trockne eingedampft, 3 ccm SO_3-haltige konzentrierte Schwefelsäure zugegeben und mit einem Glasstäbchen verrieben. Nach dem Erkalten werden zur Zerstörung der organischen Substanz tropfenweise 30%iges Wasserstoffsuperoxyd zugegeben, dabei wird die Schale mit einem Uhrglase abgedeckt. Nachdem alle organische Substanz zerstört ist, wird mit etwa 100 ccm destilliertem Wasser in ein Becherglas übergespült und etwa 15 Minuten gekocht, um einen Teil des überschüssigen Wasserstoffsuperoxydes zu zerstören. Darauf wird filtriert. Zu dem Filtrat und Waschwasser wird so viel 15%ige chemisch reine Natronlauge gegeben, bis ein Niederschlag entsteht. Darauf wird weitere 20 Minuten gekocht, um das Wasserstoffsuperoxyd restlos zu zersetzen. Bis zur leichten Trübung wird darauf verdünnte Salzsäure zugegeben und 50 ccm einer Lösung zugesetzt, welche 3 g schwefelsaures Hydroxylamin und 53,5 g

[1]) Krauß, J., Zur Prüfung der Leistung von Trockenbeizgeräten. Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzd. **11**, 1931, 34—35.

Chlorammonium im Liter enthält, darauf wird bis zum oben beginnenden Sieden erhitzt. Das jetzt einwertige Kupfer wird durch langsames Zugießen von 30 ccm n/10 Rhodanammoniumlösung ausgefüllt. Nach völligem Erkalten wird der Niederschlag auf einem getrockneten und gewogenen Asbest-Goochtiegel gesammelt und bei 110° getrocknet. Das Kupfer kann auch auf elektrolytischem Wege bestimmt werden.

Für kupferhaltige Beizmittel konnte Winkelmann[1]) die Bestimmung des Beizbelages erheblich dadurch abkürzen, daß er, nachdem das überschüssige Beizpulver entfernt ist, das Kupfer ebenfalls durch Abschütteln von 100 g Beizgut mit 100 ccm einer etwa 25%igen Essigsäure ablöste, von der dekantierten Flüssigkeit 50 ccm abpipettierte und das Kupfer wie Hilgendorff dann titrimetrisch bestimmte.

Auf ähnliche Weise stellten Dounine und Simsky[2]) den Bestäubungsgrad fest. Sie entfernten das überschüssige Beizpulver dadurch, daß sie das gebeizte Saatgut über eine Drahtrinne von 50 cm Länge, die unter einem Winkel von 45° aufgestellt war, laufen ließen. Die Lösung erfolgte in Wasser bei Verwendung von Kaliumbichromat und Natriumarsenat, in Salzsäure bei Verwendung von Calciumarsenat, Pariser (Schweinfurter) Grün und Kupferkarbonat, in Schwefelsäure bei Verwendung von Malachit. Für die Bestimmung werden 200 g Samen mit 300 ccm des Lösungsmittels übergossen und 1 Minute geschüttelt. Die Flüssigkeit wird darauf abgegossen und die Samen dann noch 2mal mit Wasser ausgeschüttelt. Die Flüssigkeit wird insgesamt auf 1 l aufgefüllt. Titriert wird mit 0,01—0,02 n Lösung von Jod und Natriumthiosulfat. Dounine und Simsky haben ihre Methode dann noch etwas vervollkommnet und verfahren jetzt folgendermaßen: Nach dem Entfernen des überschüssigen Beizpulvers werden 100 g des gebeizten Samens mit 200—250 ccm Lösungsmittel übergossen, mehrmals durchgeschüttelt, nach 5 Minuten 20—25 ccm für die Titration entnommen.

Die Bestimmung des anhaftenden Fungizides durch Abschütteln mit wäßrigen Lösungen ist bei solchen Samen, die bei Behandlung mit Wasser schleimige Substanzen wie der Leinsamen abscheiden, nicht verwendbar. Bei solchen Samen kann das Abspülen nur mit Alkohol, Äther u. dgl. erfolgen. Dounine und Simsky haben das dadurch zu umgehen versucht, daß sie die Menge des nicht haftenden Pulvers feststellten. Bei dieser Methode wird jedoch nicht berücksichtigt, daß ein Teil des Beizpulvers an den Wandungen des Beizgefäßes haften bleibt. Diese Menge wird je nach dem verwendeten Beizmittel verschieden sein.

Die bis jetzt beschriebenen Methoden gestatten nur die Bestimmung des Beizbelages bei Verwendung kupferhaltiger Mittel. Da aber neuerdings in großem Maße kupferfreie, neben Füllstoffen geringe Mengen von Quecksilber oder schwermetallfreie organische Grundstoffe enthaltende Beizmittel verwendet werden, ergibt sich die Notwendigkeit, auch den Beizbelag des mit solchen Mitteln gebeizten Getreides zu bestimmen. Die Bestimmung geringer Quecksilber-

---

[1]) Winkelmann, A., Eine Methode zur schnellen Bestimmung des Beizbelages bei Verwendung kupferhaltiger Trockenbeizmittel. Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzd. **11**, 1931, 44—45.

[2]) Dounine, M. S., und Simsky, A. M., Haftfähigkeit der Trockenbeizmittel. Angew. Botanik **14**, 1932, 33—78.

mengen ist zwar mikroanalytisch möglich, aber umständlich und zeitraubend. Nach Ansicht von Hilgendorff[1]) ist die Bestimmung von organischen Verbindungen neben Extraktstoffen des Getreides schwierig. Er schlägt daher für die Bestimmung des Beizbelages bei Verwendung der genannten Beizmittel folgende Methode vor:

100 g des Getreides werden wie bei der Verwendung von kupferhaltigen Präparaten behandelt und dann so lange mit Äther ausgeschüttelt, bis dieser klar bleibt. Der Spüläther wird, ohne daß Körner oder Spelzenteile mitgerissen werden, zusammengeschüttelt und schließlich mit den vom Getreide abgespülten Teilchen durch einen ausgeglühten und gewogenen Goochtiegel gesaugt. Ein geringer Teil des vom Korn abgespülten Beizmittels bleibt am Glase haften, dieser wird trocken mit einem feinen Haarpinsel in den Goochtiegel gebracht. Das Getreide wird nach dem Verdunsten des Äthers nochmals auf Papier zur Seite geschoben und der Rückstand ebenfalls in den Tiegel gebracht. Der verwendete Pinsel ist ebenfalls mit Äther abzuspülen. Der Goochtiegel wird schließlich $\frac{3}{4}$ Stunden lang über einem Teclubrenner geglüht und nach dem Erkalten gewogen. Auf dieselbe Weise werden die am ungebeizten Getreide haftenden anorganischen Stoffe bestimmt. Zur Ermittlung der glühbeständigen Bestandteile des verwendeten Beizmittels werden 0,2 g des Präparates im Goochtiegel verascht. Kennt man den Glührückstand des verwendeten Präparates und die Menge der anorganischen Bestandteile, die am ungebeizten Getreide haften, und den Glührückstand der vom gebeizten Getreide abgespülten Teilchen, so kann man die am Getreide haftende Beizpulvermenge berechnen. Erfaßt wurden bei Verwendung von Ceresan 89% des Beizpulvers.

Die Festlegung von Anforderungen, die an brauchbare Apparate zu stellen sind, stößt besonders dadurch auf Schwierigkeiten, daß bei Verwendung von verschiedenen Beizpulvern sich verschiedene Werte ergeben werden. Selbst bei Verwendung desselben Beizpulvers aus verschiedenen Fabrikationsgängen ergeben sich erhebliche Unterschiede.

Die Beurteilung der Wirkungsweise eines Beizapparates wird nach Wansart[2]) am besten so vorgenommen, daß man zunächst den höchstmöglichen Beizgrad mit dem zur Verwendung kommenden Saatgut und Beizmittel in einen Apparat mit bekannter guter Wirkungsweise feststellt, dann in dem zu prüfenden Apparat beizt und nachdem man das nicht oder nur lose anhaftende Beizpulver durch Abdrillen entfernt hat, wird die noch am Korn haftende Menge des Beizpulvers und damit der erreichte Beizgrad ermittelt. Wansart berechnet für den zu prüfenden Beizapparat die Kennzahl nach folgender Formel: $\frac{b \cdot 100}{a}$. In dieser Formel bezeichnet a den höchstmöglichen, b den erreichten Beizgrad. Weicht der Beizgrad mehrerer entnommener Proben voneinander ab, so will Wansart nicht das Mittel, sondern den niedrigsten Wert eingesetzt haben, weil die Maschine

---

[1]) Hilgendorff, G., Über die Bestimmung des Beizbelages an trockengebeiztem Getreide (II). Nachrichtenbl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzd., **10**, 1930, 99—100.

[2]) Wansart, O., Beiträge zur Kenntnis der Wirkungsweise und des arbeitstechnischen Wirkungsgrades von Saatgut-Trockenbeizmaschinen. Schrift. d. Reichskuratoriums f. Techn. i. d. Landwirtsch., Heft 15, 1936.

einen Teil des Beizgutes mit einer so geringen Bestäubung liefert, die unter Umständen für die fungizide Wirkung nicht mehr ausreicht.

Die zahlenmäßige Festlegung der Wirkungsweise von Beizapparaten nach dem Vorschlag von Wansart hat den Vorteil, daß man die verschiedene Haftfähigkeit der Beizmittel nicht zu berücksichtigen braucht.

In den zur Zeit für die von der Biologischen Reichsanstalt gemeinsam mit dem Reichsnährstand durchzuführenden Prüfung von Beizapparaten geltenden Richtlinien wird bei unterbrochen arbeitenden Apparaten verlangt, daß der Bestäubungsgrad von drei entnommenen Proben nicht mehr als 5% vom Mittelwert abweicht. Als brauchbar wird ein Apparat angesehen, wenn die Kennzahl mindestens 80 beträgt. Der höchstmögliche Beizgrad wird nicht wie Wansart vorschlägt, im Apparat, sondern durch Beizung im Glaskolben ermittelt. Das Schütteln des Kolbens erfolgt in einem rotierenden Schüttelapparat 3 Minuten lang bei 40—50 Umdrehungen in der Minute. Für die Bestimmung des Beizgrades werden drei Proben nach dem Durchlauf durch die Drillmaschine untersucht. Ferner werden drei Proben aus dem Beizbehälter entnommen und untersucht, um festzustellen, welcher Verlust durch das Drillen an Beizpulver eingetreten ist. Für die Berechnung der Kennzahl wird das Mittel aus den drei Proben, die nach dem Drillen entnommen wurden, zugrunde gelegt.

Bei ununterbrochen arbeitenden Apparaten erfolgt die Berechnung nach denselben Gesichtspunkten wie bei den unterbrochen arbeitenden. Ein ununterbrochen arbeitender Apparat wird als brauchbar angesehen, wenn seine Kennzahl mindestens 70 ist. Die Beizmittelzuführung wird als gleichmäßig angesehen, wenn die Abweichung vom Mittelwert von 10 Feststellungen nicht mehr als 5% beträgt. Die Prüfung wird bei verschiedenen Einstellungen des Zuführers mit verschiedenen Beizmitteln vorgenommen. Neben den Proben, die nach dem Drillen entnommen werden, werden auch solche unmittelbar nach dem Austritt aus dem Apparat aufgefangen und auf den Bestäubungsgrad untersucht. Die Versuche werden mit Gerste und Weizen oder Roggen bei der höchsten und niedrigsten Stundenleistung durchgeführt. Ununterbrochen arbeitende Apparate müssen auch im Dauerversuch geprüft werden.

Hinsichtlich der technischen Ausführungen werden die auch bei sonstigen Maschinen üblichen Anforderungen gestellt. So müssen die Apparate dauerhaft gebaut und standfest sein und dürfen nicht ungewöhnliche Kraft zum Antrieb erfordern. Die Apparate müssen dicht sein, damit während des Beizens kein Staub entweichen kann. Bei kontinuierlich arbeitenden Apparaten ist ferner zu prüfen, ob zur Verminderung der Staubentwicklung beim Herabfallen des Beizgutes die Anbringung einer Absaugvorrichtung möglich ist.

B. Spritzgeräte

Von Regierungsrat Dr. Hermann Zillig, Bernkastel-Kues a. d. Mosel

I. Handtragbare Spritzen. II. Rückentragbare Spritzen. 1. Membranspritzen, 2. Kolbenspritzen, 3. Selbsttätige Spritzen mit eingeschraubter Luftpumpe, 4. Hochdruckspritzen: a) Batteriespritzen, b) Kombinierte Hochdruckspritzen mit eingebauter Luftpumpe, c) Preßluftspritzen, d) Kohlensäurespritzen, e) Tierrücken- und Schlittenspritzen. 5. Füllpumpen für Handbetrieb. **III. Karrenspritzen. IV. Pferdefahrbare Spritzen ohne Motorantrieb:** 1. Brüheverteilung durch Kolbenpumpen mit Antrieb vom Laufrad, 2. Brüheverteilung durch Preßluft, 3. Brüheverteilung durch rotierende Teller. **V. Motorbetriebene Spritzen und Füllpumpen. VI. Schlauchspritzeinrichtungen:** 1. Bergfüllanlagen, 2. Schlauchspritzen mit Verteilungsgerüst, 3. Unmittelbares Schlauchspritzen. **VII. Zubehörteile von Spritzgeräten:** 1. Düsen, 2. Spritzrohre, 3. Schläuche. **VIII. Geräte und Anlagen zur Herstellung und Verteilung von Spritzbrühe. IX. Spritzen oder Stäuben? X. Leistungsvergleich zwischen den verschiedenen Spritzsystemen. XI. Geräte zur Entfernung des Spritzbelags von Äpfeln und Birnen.**

XII. Gießgeräte.

Die Entwicklung der Spritzgeräte hat etwa um das Jahr 1880 eingesetzt, als die Einschleppung der Peronospora in den europäischen Weinbaugebieten eine regelmäßige Bespritzung der Reben notwendig machte. Da der Pilz zuerst in Frankreich aufgetreten war (1878), sind die ersten brauchbaren Spritzen auch dort von der Fa. Vermorel, Villefranche, gebaut worden. Der Weinbau verfügt also über die ältesten Erfahrungen in der Spritztechnik, zumal auch andere Feinde der Reben nur durch regelmäßige Spritzungen niedergehalten werden können. Als sich vom Jahre 1880 an die Peronospora auch in den deutschen Weinbaugebieten ausbreitete, wurden bald auch in Deutschland Spritzen zunächst nach französischem Muster hergestellt. In Deutschland blieb man aber nicht beim Bau der Membran- und der Kolbenspritze stehen, wie in den meisten europäischen Ländern, sondern entwickelte neue Typen und Methoden. Besondere Verdienste um die Spritztechnik erwarben sich die Firmen Carl Platz G. m. b. H. in Ludwigshafen/Rh. und Gebr. Holder in Metzingen/Wttbg., die seit dem Jahre 1888 bzw. 1897 Spritzgeräte herstellen und den Weltruf dieser deutschen Spezialindustrie begründeten.

Die ersten zwei Jahrzehnte unseres Jahrhunderts galten hauptsächlich der Vervollkommnung der rückentragbaren Spritzen, die mit der Erfindung der Hochdruckspritze (Batteriespritze) zu einem gewissen Abschluß kam. Im dritten Jahrzehnt folgte die Nutzbarmachung der Hochdruckspritze auch für kleine Betriebe durch Schaffung kleiner Hand- und Motorfüllpumpen. Die Einführung des Hochdruckschlauches in die Spritztechnik um das Jahr 1928 ermöglichte den Übergang zum Schlauchspritzen, d. h. zum unmittelbaren Verspritzen der von Hand oder mit Motorkraft durch Schlauchleitungen an die Pflanzen herangebrachten Brühe. Das vierte Jahrzehnt ist charakterisiert durch die allgemeine Motorisierung der Spritztechnik und die Zunahme des Schlauchspritzens. Die skizzierte Entwicklung gilt hauptsächlich für den Weinbau.

Im Obstbau hat man im ersten Viertel unseres Jahrhunderts für größere Bestände Karrenspritzen, für einzelne Bäume die sog. selbsttätigen Spritzen mit eingebauter Luftpumpe verwendet. Etwa vom Jahre 1925 an sind dann die

Karrenspritzen mehr und mehr durch Motorbaumspritzen, die „selbsttätigen" durch kombinierte Hochdruckspritzen oder Batteriespritzen verdrängt worden. Die Technik des Baumspritzens mit Motorkraft wurde besonders in Nordamerika entwickelt. Die Erfindung der verstellbaren Baumspritzrohre, der sog. Amerikaner-Verstäuber, hat die umständliche Handhabung von Bambusrohren bei normalen Baumhöhen überflüssig gemacht. Während man in Amerika in Anpassung an die Plantagen Motorbaumspritzen von großen Ausmaßen baute, sind in Deutschland in den letzten 10 Jahren entsprechend dem Gelände und den Betriebsverhältnissen kleinere Typen von hoher Leistungsfähigkeit auf den Markt gekommen. Der Wettstreit zahlreicher Firmen hat den Fortschritt hierbei sehr beschleunigt.

In der Landwirtschaft wurden zum Bespritzen größerer Flächen seit etwa 1890 fahrbare Spritzen, die sog. Hederich-Spritzen, benutzt. Der Antrieb der Kolbenpumpe geschah zuerst von einem Laufrad aus, also durch das Zugtier. Etwa vom Jahre 1925 an wurden auch diese Spritzen durch Verwendung kleiner Motoren als Kraftquellen leistungsfähiger gestaltet.

Die Motorisierung der Spritztechnik erfolgte zunächst in den Vereinigten Staaten von Nordamerika im zweiten Jahrzehnt unseres Jahrhunderts. In Europa war sie um diese Zeit erst in einzelnen Großbetrieben durchgeführt. Sie erlangte hier ein ungeahntes Ausmaß etwa vom Jahre 1925 an, als kleine leistungsfähige Benzinmotoren konstruiert waren. Noch heute ist der Benzinmotor wegen seines geringen Gewichts die am meisten verwendete Kraftquelle in der Spritztechnik. Nur für große Spritzleistungen und beim Vorhandensein guter Fahrwege bietet der im Betrieb billigere, aber schwerere Rohölmotor Vorteile. Die technisch zweckmäßigste Kraftquelle, der Elektromotor, kann bisher nur selten benutzt werden, weil die Stromleitungen zu weit entfernt sind. Bei niedrigen Stromkosten wird sich indessen die Herstellung besonderer Anschlußleitungen lohnen, zumal man mit fliegenden Kabeln von etwa 100 m Länge arbeiten kann und bei Verwendung von Schlauchspritzanlagen noch 200 und mehr Meter bis zur Spritzstelle hinzukommen. Im Weinbau erscheint diese Frage besonders prüfenswert, weil dort noch Seilwinden zur Bodenbearbeitung und Lastenförderung ebenso wie Traubenmühlen elektrisch betrieben werden könnten. Es wird Aufgabe der Elektrizitätswerke sein, die Stromentnahme für derartige Zwecke möglichst zu erleichtern und so die Wasserkräfte mittelbar auch für die Schädlingsbekämpfung nutzbar zu machen.

Die verhältnismäßig kurze Zeitdauer, während der die Motoren für die Spritzarbeit benötigt werden, gab Veranlassung, Baumspritzen und Füllpumpen an andere Motorgeräte, wie Fräsen, Traktoren usw. anzuschließen. Die vorhandenen Möglichkeiten sind indessen beschränkt, da die Motorleistung für die normalen Typen nur 2—6 PS betragen darf. Aus diesem Grunde kommt auch der weit stärkere Automobilmotor für einen wirtschaftlichen Betrieb von Motorgeräten zur Schädlingsbekämpfung im allgemeinen nicht in Frage. Neuerdings sucht man daher die Kleinmotoren der Spritzgeräte durch Aufsetzen einer Riemenscheibe für den Betrieb kleiner landwirtschaftlicher Maschinen, wie Zentrifugen, Häckselmaschinen usw., nutzbar zu machen. Eine weitere Möglichkeit besserer Auswertung besteht in gemeinschaftlicher Benutzung. Kolben-,

selbsttätige und Karrenspritzen können auch zum Weißen von Wänden benutzt werden (Anstreichmaschinen).

Als Material für rückentragbare Spritzen wurde zunächst Holz benutzt, das jedoch zu schwer ist und leicht leck wird. Es wird heute nur mehr für fahrbare Spritzbrühebehälter von 51 l Inhalt an verwendet. Dann baute man die Spritzen besonders für den Weinbau aus Kupfer. Da dies jedoch durch schwefelhaltige Mittel unter Bildung von Schwefelkupfer zerstört wird, benutzt man seit etwa 10 Jahren allgemein Messingbronze, die während des Winters vor Frost geschützt werden muß. Stahlblech würde durch die meisten Spritzbrühen rasch zerstört, wie ein während des Weltkrieges unternommener Versuch gezeigt hat. Mit einem Bleiüberzug ist es zur Herstellung viereckiger Behälter von Karrenspritzen verwendet worden. Die Firma Platz baut seit 1933 eine Preßluftspritze ganz aus V 2a-Stahl (DRGM. 1 281 803), die jedoch wegen ihres hohen Preises nur für Spezialzwecke in Frage kommt. Aus rostfreiem Chromnickel-Edelstahl wird seit einigen Jahren von der Firma Franz Perl in Gleisdorf bei Graz der Behälter einer kombinierten Hochdruckspritze hergestellt. Ob sich der höhere Preis im Vergleich zu Messingspritzen durch längere Haltbarkeit bezahlt macht, muß sich zeigen.

Bei pfleglicher Behandlung und normalem Gebrauch beträgt die Lebensdauer einer Kolbenspritze etwa 30, einer Hochdruckspritze etwa 20 Jahre. Bei einem Motorgerät kann man wenigstens 10 Jahre annehmen, wenn keine Überbeanspruchung erfolgt. Teile, die raschem Verschleiß unterliegen, wie Dichtungen, Ventilkugeln, Ventilsitze und Kolben, müssen natürlich nach Bedarf ersetzt werden. Die Verwendungsdauer der aus Gummi mit Hanfeinlagen bestehenden Hochdruckschläuche wird durch gute Reinigung sowie kühle, trockene Lagerung unter Vermeidung von Knickstellen wesentlich erhöht und dürfte nach den bisherigen Erfahrungen ebenfalls auf wenigstens 10 Jahre anzusetzen sein, falls Obstbaumkarbolineum nicht damit verspritzt wird.

Die Leistungsfähigkeit von Spritzgeräten läßt sich wie bei jeder Maschine erst nach längerem Gebrauch beurteilen. Mit fabrikneuen Geräten erhält man z. B. ungünstigere Füllzeiten als mit länger benutzten. Auch Mängel der Konstruktion und des Materials treten erst bei der praktischen Verwendung in Erscheinung. Zur Prüfung neuer Geräte ist daher wenigstens eine Folge der damit zu leistenden Bekämpfungsarbeiten erforderlich.

Die heute vorhandenen Gerätetypen werden in zahlreichen wenig abweichenden Ausführungen hergestellt. Hier können schon aus Raumgründen nur die Typen selbst besprochen und abgebildet werden. Die Nennung einzelner Modelle und ihrer Hersteller erfolgt nur, wenn sie von anderen erheblich abweichen. Es soll gezeigt werden, welche Typen für die im Pflanzenschutz nötigen Spritzarbeiten am zweckmäßigsten sind. Auch die Erwähnung veralteter Typen und ihrer Mängel erfolgt, weil sie noch vielfach gebraucht, ja sogar empfohlen werden und es im Interesse der Pflanzenbauer wie der Hersteller liegt, die Zahl der Typen und Modelle möglichst zu beschränken. Nicht mehr gebaute Modelle werden kurz besprochen, wenn dies für die Entwicklung der Spritzgeräte von Interesse ist. Sind doch manche Konstruktionen wiederholt „erfunden" worden, weil man nicht mehr wußte, daß sie sich schon einmal als ungeeignet erwiesen hatten!

Eine weitgehende Normung gleichartiger Teile von rückentragbaren Spritzen, wie Verbindungsschläuchen, Strahlrohren, Düsen usw., ist seit etwa 10 Jahren erreicht worden. Dies ist praktisch sehr wichtig, um derartige Teile an ver-

schiedenartigen Spritzentypen oder solchen verschiedener Hersteller wechselweise verwenden zu können. Bei Motorgeräten ist diese Normung noch nicht überall durchgeführt.

Eine amtliche Prüfung von Spritz- und Stäubegeräten für den Pflanzenschutz erscheint zweckmäßig und wird in manchen Ländern z. B. in Deutschland, bereits gehandhabt, um:

1. wenig geeignete Typen oder mangelhaftes Material auszuschalten,
2. die wünschenswerte Normung zu erreichen,
3. die Sicherheit der Geräte für die Benutzer zu gewährleisten.

Bei diesen Prüfungen muß der Maschineningenieur über alle Fragen der Konstruktion und des Materials, der Pflanzenschutzsachverständige aber über die praktische Eignung entscheiden. Die Heranziehung medizinischer Methoden bei der arbeitswirtschaftlichen Beurteilung handbetriebener Geräte erscheint nötig. Solange es Verzeichnisse amtlich geprüfter Spritz- und Stäubegeräte noch nicht gibt, läßt sich der Pflanzenbauer zweckmäßig von den Pflanzenschutzanstalten und -ämtern bezüglich der für ihn geeigneten Typen und ihrer Hersteller beraten.

Das Schrifttum über Spritz- und Stäubegeräte ist sehr dürftig. Eine zusammenfassende Darstellung unter Berücksichtigung der in allen Kulturländern vorliegenden Erfahrungen fehlte bisher. Die Angaben sind meist in Berichten über Bekämpfungsversuche zerstreut. Soweit sie sich auf die Feststellung der bereits bekannten Brauchbarkeit von Geräten erstrecken, wurden sie nicht berücksichtigt.

Zusammenfassende Darstellungen liegen bisher vor: in Deutschland für den Weinbau[1)2)], die Landwirtschaft[3)], für den gesamten Pflanzenschutz[4)5)], in Amerika für den gesamten Pflanzenschutz[6)]. Einzeldarstellungen sind bei der Besprechung der Gerätetypen zitiert. Als Quellen wurden auch die Listen zahlreicher Spezialfirmen verwendet, besonders diejenigen der Firmen Holder und Platz, die reich bebilderte Sonderhefte über die verschiedenen Gerätegruppen herausgebracht haben.

Arbeiten über die Geräte selbst sind wohl deshalb selten, weil im allgemeinen der Pflanzenschutzfachmann zur technischen, der Ingenieur zur pflanzenschutzlichen Begutachtung nicht in der Lage ist. In Deutschland werden daher die amtlichen Prüfungen neuer Geräte und die Vergleichsversuche mit bereits vorhandenen seitens der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft

---

[1)] Dern u. a., Hauptprüfung der Rebkulturgeräte. Arb. Dtsch. Landw.-Ges. Heft 201, 1912, 120 S., 165 Abb.

[2)] Decker, K., Stand und Entwicklungsmöglichkeiten der Technik im Weinbau. Diss. Bonn 1929, 78 S., 23 Abb.

[3)] Mentzel, F., Die Technik und Wirtschaftlichkeit der maschinellen Anwendung chemischer Schädlingsbekämpfungsmittel im Feldbau. Diss. Bonn 1930, 106 S., 37 Abb.

[4)] Trappmann, W., Schädlingsbekämpfung, Grundlagen und Methoden im Pflanzenschutz. Leipzig 1927, 440 S.

[5)] Zillig, H., Spritz- und Stäubgeräte für den Pflanzenschutz. Flugbl. 89 der Biol. Reichsanstalt f. Land- u. Forstwirtschaft in Berlin-Dahlem, 3. Aufl. 1938.

[6)] Anderson, O. G., and Roth, F. C., Insecticides and Fungicides, Spraying and Dusting Equipment. New York 1923, 349 S.

in Berlin Dahlem, als der nach dem Pflanzenschutzgesetz zuständigen Fachbehörde, in Gemeinschaft mit dem Reichsnährstand, der einen Geräteingenieur und Spezialisten der betreffenden Pflanzenkultur zu der Prüfung beordert, durchgeführt.

Bei dem nachfolgenden Überblick kann es sich daher nur um den Versuch einer Gesamtdarstellung handeln, für deren Ergänzung der Verfasser jederzeit dankbar ist. Die praktischen Gesichtspunkte sind bewußt in den Vordergrund gestellt, da ihre Kenntnis für die Benutzung eines Geräts unentbehrlich ist.

Vor Beschaffung eines Spritzgerätes ist zunächst zu entscheiden, welche Form für den beabsichtigten Zweck am geeignetsten ist (handtragbar, rückentragbar oder fahrbar) und welcher Preis angelegt werden kann. Wird das Gerät nur selten und kurzfristig benötigt, wie es z. B. beim Bespritzen einzelner Obstbäume der Fall ist, so empfiehlt sich gemeinschaftliche Benutzung durch Zusammenschluß der Interessenten.

Pflegliche Behandlung erhält die Geräte gebrauchsfertig, verlängert die Lebensdauer und sichert vor Unglücksfällen. Folgende Punkte sind den Benutzern immer wieder einzuschärfen:

1. Schwefelhaltige Mittel nicht mit Kupfergeräten verspritzen!
2. Messing vor Frost schützen!
3. Gummiteile nach dem Verspritzen von Obstbaumkarbolineen und Baumspritzmitteln sofort reinigen, gequollene Gummikugeln ersetzen!
4. Spritzmittel nur durch ein Sieb von höchstens 1 mm Maschenweite einfüllen!
5. Nach Beendigung der Spritzarbeit, spätestens aber während des Winters, die zum Verschmutzen neigenden Teile auseinandernehmen, reinigen, das Metall auch äußerlich säubern und leicht mit Maschinenöl einreiben!
6. Ersatzteile, die raschem Verschleiß unterliegen, wie Dichtungen, Kugeln, Kolbenmanschetten, Düsen, Verbindungsschläuche, Schlauchklemmen, stets in einer der Gerätezahl entsprechenden Menge samt dem nötigen Handwerkszeug zur Verfügung halten!

I. Handtragbare Spritzen

Das einfachste Spritzgerät ist ein mit einer Düse verschlossenes Messingrohr von 30—60 cm Länge und 13—42 mm Durchmesser, in dem ein Kolben hin- und herbewegt wird. Als „Blumenspritze" ist es in jedem Gewächshaus im Gebrauch. Beim Einsetzen einer Nebeldüse eignet es sich behelfsmäßig auch zum Spritzen von Topfpflanzen, kleinen Sträuchern usw.

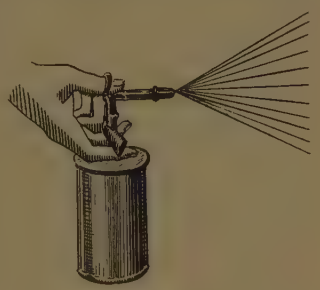

Abb. 20. Pumpzerstäuber. (Pütt).

In gleicher Weise lassen sich auch die Pumpzerstäuber der Metallwarenfabrik Saxonia, Wil. Kraemer & Co., Dresden N 6, Königsbrücker Str. 69, besonders die Größe IV verwenden. Sie dienen eigentlich zum Betauen von Zimmerpflanzen. Es sind kleine Kolbenpumpen, die mittels eines Korkens in eine Flasche eingesetzt werden können.[1]) Unter dem Namen „Pütt" kommt ein solcher Zerstäuber mit Glasbehälter von $\frac{1}{2}$ l Fassungsvermögen und

[1]) Vgl. Abb. 50, Bd. III, 5. Aufl., S. 146.

Abb. 21. Brettspritze (Bild Hildenbrand).

Rückschlagfeder in den Handel, so daß er mit einer Hand bedient werden kann (Abb. 20).

Für Pflanzenschutzzwecke sind doppeltwirkende Kolbenspritzen unter verschiedenen Namen etwa seit dem Jahre 1928 im Handel. Das Prinzip ist nicht neu. Im Deutschen Weinmuseum in Trier befindet sich eine wohl aus dem Anfang unseres Jahrhunderts stammende Spritze, bei der die Brühe aus dem auf dem Rücken getragenen Behälter mittels einer doppeltwirkenden, an Stelle des Strahlrohrs angebrachten Kolbenpumpe angesaugt und ausgepreßt wurde (Hydronette). Bei der heutigen Ausführung wird die Spritzbrühe meist in einem gesonderten Eimer mitgetragen, mittels eines langen Schlauches durch Ausziehen des röhrenförmigen Kolbens angesaugt und durch Eindrücken aus dem Strahlrohr ausgespritzt. Bei den „Eimerspritzen" wird die Pumpe in den Eimer eingestellt, an dessen Rand oder im Boden befestigt und durch Niederdrücken und Hochziehen des Kolbens mit einer Hand betätigt, während die andere das Strahlrohr bedient. Der Kraftaufwand für den Betrieb dieser Spritzen ist entgegen den von manchen Herstellern gemachten Angaben erheblich. Die Ermüdung des Arbeiters wird noch dadurch gesteigert, daß das Pumpen im allgemeinen mit der gleichen Hand durchgeführt wird. Da der Windkessel nur klein ist, muß dauernd gepumpt werden. Die Beförderung der Brühe in einem gesonderten Eimer ist umständlich. Bei den Eimerspritzen ist auch die Standfestigkeit der Pumpe unzureichend. Die Baumspritze „Flora" der Maschinenfabrik M. Jacoby in Hetzerath (Mosel) ist durch guten Stand und einen Windkessel ausgezeichnet.

Geeigneter zum Bespritzen weniger Bäume, Sträucher u. dgl. sind die im Jahre 1934 aufgekommenen „Brettspritzen" (Abb. 21). Die Brühe wird zwar auch aus einem gesonderten Behälter angesaugt, aber zunächst in einen Windkessel gepreßt, so daß sie mit einem gleichmäßigen Druck von 6—12 atm, bei doppeltwirkender Ausführung 10—18 atm austritt. Die Bedienung der Kolbenpumpe wird durch einen langen Hebel erleichtert. Das Ganze ist auf einem Brett befestigt, auf dem der Bedienungsmann steht. Er kann gleichzeitig pumpen und den Spritzstrahl leiten.

Wer öfter in Gewächshäusern, Mistbeeten, an Hausspalieren und kleinen Sträuchern spritzen muß, benutzt Spritzkannen von $\frac{3}{4}$—3 l Flüssigkeitsinhalt (Abb. 22, Betriebsdruck etwa 3 atm). Nachdem die mit Schraubverschluß eingesetzte Luftpumpe herausgenommen ist, füllt man den zylindrischen Behälter

bis etwa zur Hälfte mit Spritzbrühe und preßt nach Wiedereinsetzen der Luftpumpe etwa 5 atm Luft ein. Bei manchen Modellen ist an der Seite des Behälters eine Füllkontrollschraube angebracht, die beim Einfüllen der Brühe geöffnet wird. Sobald Brühe austritt, ist der Behälter hinreichend gefüllt, und die Schraube wird geschlossen. Sie ist ebensowenig erforderlich wie ein Manometer. Man pumpt einfach so lange, bis sich ein erheblicher Widerstand bemerkbar macht. Reicht die Luft zur Entleerung des Inhalts nicht aus, so war entweder nicht genügend eingepreßt oder die Flüssigkeitsmenge zu groß. Dann muß noch Luft nachgepumpt werden. Eine Gefährdung durch zu hohen Druck ist kaum gegeben. Durch Niederdrücken eines unterhalb des Strahlrohrs angebrachten Hebels wird das Selbstschlußventil geöffnet. Das Austreten der Brühe kann daher jederzeit unterbrochen werden. Zweckmäßig wird zwischen der Spritze und dem 30—80 cm langen Strahlrohr ein Schlauch von 150 cm Länge eingebunden.

Abb. 22. Spritzkanne.

Spritzkannen sind in verschiedener Form und mit abweichender Bezeichnung im Handel. Bei kleineren Modellen, den „Insektenspritzen", ist die Pumpe meist außerhalb des Brühebehälters angebracht. Das ganze Gerät kann auch vernickelt oder verchromt sein. Es dient vor allem zum Betauen von Zimmerpflanzen, ist aber auch zum Versprühen von Pflanzenschutzmitteln auf solche brauchbar. In größerer Ausführung mit $4\frac{1}{2}$ l Flüssigkeitsinhalt kommen Spritzkannen mit Umhängeriemen seitlich tragbar auch zum Bespritzen kleinerer Bäume in Frage. Als Doppelzylinder auf einem Schlitten montiert oder kugelförmig auf dem Rücken getragen mit 8 l Flüssigkeitsinhalt hat man sie im Weinbau zum Verspritzen von Nikotin gegen Traubenwickler verwendet. Diese größeren Ausführungen haben sich jedoch in die Praxis nicht einführen lassen, weil sie nahezu so viel kosten wie eine normale Spritze und in der Leistungsfähigkeit doch hinter dieser zurückbleiben.

II. Rückentragbare Spritzen

Die mittels Schulterriemen auf dem Rücken getragenen Spritzen müssen der Körperform angepaßt sein. Bei zylindrischen Formen wird daher ein besonderes Rückenblech angebracht und so gleichzeitig ein Zwischenraum zwischen der mit kalter Brühe gefüllten Spritze und dem schwitzenden Körper geschaffen. Das Gewicht einer Rückenspritze beträgt je nach Typ und Größe 8—13 kg, der nutzbare Flüssigkeitsinhalt 13—20 l.

1. Membranspritzen (3 atm)

Die Membranspritze ist der älteste Typ der Rückenspritze. Sie wurde bereits in den 80er Jahren des vorigen Jahrhunderts von der Fa. Vermorel in Villefranche in Frankreich gebaut (Abb. 23). In dem elliptischen Behälter von 15 l Inhalt ist ein Windkessel eingebaut, in den die Brühe mittels einer durch einen

seitlichen Hebel betätigten Gummimembran gedrückt wird. Der Windkessel ermöglicht ein Austreten der Brühe unter anhaltend gleichem Druck. Er dient also zum Ausgleich der durch die Pumpenstöße bedingten Druckschwankungen (Abb. 24). Infolge der einfachen Konstruktion ist die Membranspritze die billigste Rückenspritze und wird daher in manchen weinbautreibenden Ländern noch viel benutzt.

Abb. 23. Membranspritze.

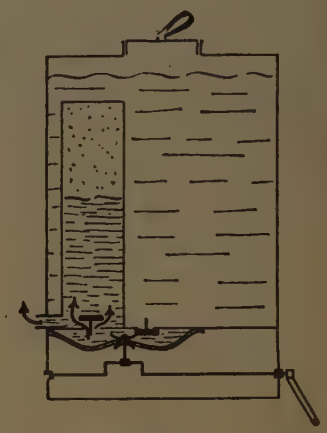

Abb. 24. Membranspritze im Schnitt.

In Deutschland ist sie kaum mehr in Gebrauch, weil der geringe Betriebsdruck eine feine Zerstäubung der Spritzflüssigkeit und ein Hineinschleudern der Brüheteilchen in das Innere des Rebstockes nicht gestattet. Auch ist die Gummimembran verhältnismäßig raschem Verschleiß unterworfen. Dieser Spritzentyp muß daher heute als veraltet abgelehnt werden.

2. Kolbenspritzen (4—5 atm)

Die Form des Brühebehälters mit 18—20 l Inhalt ist der einer Membranspritze ähnlich. Die Brühe wird aber mittels einer Kolbenpumpe angesaugt und in den Windkessel gedrückt. Pumpe und Windkessel liegen bei den heutigen Typen innerhalb des Behälters, weil sie so gegen Beschädigungen geschützt sind und bei Undichtwerden des Kolbens keine Brühe verloren geht. In Deutschland wurden die ersten Kolbenspritzen um das Jahr 1886 von Nikolaus Pastor in Bernkastel (Mosel) gebaut. Kolbenpumpe und Windkessel lagen damals noch außerhalb der Spritze oder ragten zur Erzielung eines möglichst großen Hubs nach unten hervor. Bei den heutigen Modellen können diese Teile nach Lösen einiger Schrauben aus dem Behälter herausgenommen werden. Bei manchen läßt sich der Gummikolben von außen nachstellen (Abb. 25,a). Die Anordnung des Pumpenhebels links oben und aus einem Stück dürfte die geringste Ermüdung des Arbeiters hervorrufen Der Deckel muß leicht zu öffnen sein, aber doch dicht schließen. Zweckmäßig

sind Verschlüsse mit Doppelexzenter ähnlich wie bei Milchkannen. Störungen können durch Abnutzung des Kolbens eintreten. Er zieht dann nicht mehr richtig und muß durch Nachstellen wieder an die Kolbenwand angepreßt werden. Die an Pumpe und Windkessel angebrachten Ventilkugeln lassen sich nach Herausnehmen dieser Teile leicht auswechseln (Abb. 26).

Abb. 25. Kolbenspritze.

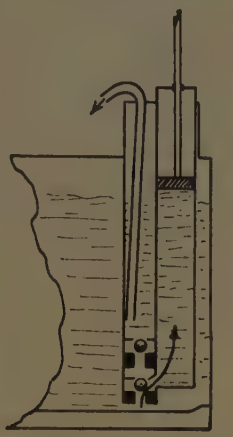
Abb. 26. Kolbenspritze, geöffnet.

Kolbenspritzen haben wegen der ständigen Beanspruchung des Arbeiters durch das Pumpen und wegen des geringen Drucks nur mehr beschränkte Verwendungsmöglichkeit. Sie kommen besonders für niedrige Kulturen in Frage, wenn eine feine Zerstäubung der Brühe nicht erforderlich ist. Bei Verwendung von Doppeldüsen eignen sie sich dann z. B. als Hederich- oder Kartoffelspritze für kleine Schläge, bei Benutzung eines Zangenrohres zur Bespritzung kleiner Fichten gegen Rüsselkäfer.

3. Selbsttätige Spritzen mit eingeschraubter Luftpumpe (5 atm)

Ein Vorläufer dieses Typs war die „Universalspritze" von Tubeuf.[1]) Sie bestand aus einem dicht verschließbaren zylindrischen Behälter, in den nach Einfüllen der Brühe mittels einer außen angebrachten Luftpumpe Luft eingepreßt wurde. Die hierzu erforderliche Hebelbewegung konnte während der Arbeit zeitweise unterbrochen werden, bis der Druck von 2 atm auf 0,6 atm gesunken war. Der nachbeschriebene Typ unterscheidet sich also von dieser Spritze nur dadurch, daß die Luftpumpe nach innen verlegt wurde und das Aufpumpen vor der Spritzarbeit erfolgt. Da das Einpressen von Luft einen wesentlich höheren Kraftaufwand erfordert als das von Flüssigkeit, war das Prinzip der Spritze unwirtschaftlich. Hinzukamen der unzureichende Druck und die übrigen diesem Typ anhaftenden nachstehend angeführten Mängel. Die Spritze fand daher keinen Eingang in die Praxis.

Unabhängig hiervon war bereits vom Jahre 1897 an eine „selbsttätige Original-Holderspritze" mit eingebauter Luftpumpe durch die gleichnamige Firma herausgebracht worden. Sie entsprach also dem noch heute verwendeten Muster.

Als selbsttätig werden diese hauptsächlich noch im Obstbau verwendeten Spritzen bezeichnet, weil ein Pumpen während der Spritzarbeit nicht erforderlich ist. In der Konstruktion ähneln sie den Spritzkannen. Der nahtlos gezogene Behälter von 9—16 l Flüssigkeitsinhalt wird nach Ausschrauben der Pumpe oder durch eine seitlich im Deckel angebrachte Einfüllöffnung gefüllt. Bei hinreichen-

[1]) Tubeuf, C. v., Studien über die Schüttelkrankheit der Kiefer. Arb. Biol. Abtlg. f. Land- u. Forstwirtsch. Berlin 1901, *2*, 1—570 (Abb.).

der Füllung bleibt die Brühe in dem Fülltrichter stehen oder tritt an einer seitlichen vorher geöffneten Kontrollschraube aus. Nach Einsetzen der Luftpumpe bzw. Schließen des Deckels und der Kontrollschraube wird innerhalb von etwa 2 Minuten so viel Luft eingepreßt, daß das Manometer 5 atm zeigt. Beim Öffnen des Ventils am Strahlrohr tritt dann die Brühe mit rasch absinkendem Druck aus, weil sich die im Behälter enthaltene Luft entsprechend ausdehnt. Der am Schluß noch vorhandene Überdruck entweicht durch das Strahlrohr oder bei raschem Schließen des Ventils durch die Füllöffnung beim Eingießen der Brühe. Die Luft muß daher nach jeder Füllung wieder mühsam eingepumpt werden. Durch das häufige Auf- und Zuschrauben wird der Verschluß leicht undicht. Wenn dann während der Arbeit Luft austritt, reicht der Druck oft nicht mehr zum Auspressen der Brühe, so daß die Spritze abgesetzt und Luft nachgepumpt werden muß. Auch bei Verwendung mehrerer Spritzen muß für jede eine Pumpe gekauft und umhergetragen werden. Der größte Mangel aber ist der geringe und während der Arbeit ständig absinkende Druck. Daher sind diese Spritzen wesentlich leichter gebaut als Hochdruckspritzen und haben eine entsprechend geringere Lebensdauer. Dieser Spritzentyp ist heute durch die Hochdruckspritzen überholt.

4. Hochdruckspritzen (10 atm)

Sie bestehen aus gezogenen zylindrischen Messingbehältern von im allgemeinen 1,3—1,6 mm Wandstärke und 15, 18 oder 20 l Flüssigkeitsinhalt. Der Boden wird heute meist eingeschweißt, nur selten noch mit Nieten eingesetzt und gelötet. Über die Höhe des Prüfungsdrucks für neue Kessel bestehen noch abweichende Ansichten. Teils werden sie noch mit 20—25 atm, teils nur mit 15 atm, also dem $1\frac{1}{2}$fachen Betriebsdruck belastet. Man neigt heute zu der Anschauung, daß eine, wenn auch nur kurzfristige Überanstrengung des Materials Ermüdungserscheinungen im Gefolge hat, die später zu Unfällen führen können. Auch bei der alljährlichen Wasserdruckprobe der im Gebrauch stehenden Hochdruckspritzen werden heute nur mehr 15 atm angewendet.

Die Konstruktion einer Hochdruckspritze ist denkbar einfach. Sofern Brühe und Luft mit einer gesonderten Pumpe eingepreßt werden, enthält der Behälter lediglich den Ventilkorb, der mit 2—3 Vierkantschrauben im Boden befestigt ist. In diesem befinden sich 2 Kugeln, eine kleinere aus Gummi zum Verschließen der Eintrittsöffnung für die Spritzbrühe und eine größere aus einer schwimmfähigen Masse, die sich nach Entleerung der Brühe auf das Austrittsventil legt und ein Entweichen der Luft verhindert. Ein Austreten der Brühe wird durch ein Absperrventil am Strahlrohr ermöglicht. Der Verbindungsschlauch steht also so lange unter Druck, als die Spritze Brühe enthält. Da hierdurch die Lebensdauer des Schlauches beeinträchtigt wird und ein Abspringen an den Einbindestellen veranlaßt werden kann, benutzt man zweckmäßig Hochdruckspritzen, bei denen am Ende des Brüheaustrittsrohres ein „Schlauchentlastungshahn“ eingebaut ist. Neuerdings werden Absperrventile unmittelbar am Behälterboden angebracht. Auf diese Weise werden solche an den Strahlrohren erspart. Das Schnappventil der Firma Platz läßt sich durch einfachen Druck auf einen Hebel öffnen und schließen.

Das Füllen einer Hochdruckspritze geschieht in folgender Weise: Zunächst pumpt man mit der gesonderten Brühepumpe wenig Flüssigkeit ein, so daß die Auslauföffnung durch Brühe geschlossen ist. Dann preßt man mit der gleichen oder einer besonderen Pumpe Luft nach, bis das Manometer an der Pumpe 3 atm zeigt. Nun wird Brühe bis zu einem Gesamtdruck von 10 atm eingepumpt. Der Füllschlauch wird mittels Bajonettverschlusses mit einem Handgriff an- und abgekuppelt. Der an der Spritze angebrachte Anschluß ist zweckmäßig abgeschirmt, d. h. er ragt nicht über das Fußblech hervor.

Bei handbetriebenen Pumpen sind zum Einpressen der Luft etwa 4 Minuten, zu dem der Brühe etwa 2 Minuten erforderlich. Mit Motorfüllpumpen wird je nach Leistungsfähigkeit etwa die halbe Zeit benötigt.

Hochdruckspritzen bieten im Vergleich zu den bisher besprochenen Typen folgende Vorteile:

1. Der Arbeiter wird nicht durch dauerndes Pumpen ermüdet und kann seine volle Aufmerksamkeit auf das Spritzen lenken.

2. Die Brühe wird bei hohem Druck (3—10 atm) fein versprüht und zwischen die Blätter bzw. Zweige geschleudert.

3. Die Druckluft muß nicht nach jeder Entleerung der Spritze mühsam erneuert werden wie bei den selbsttätigen Spritzen. Ausgenommen hiervon sind lediglich die Preßluftspritzen.

4. Die solide Beschaffenheit der Behälter bedingt eine lange Lebensdauer (etwa 20 Jahre).

Ein Nachteil der Hochdruckspritzen ist die Gefährdung der Arbeiter durch die Möglichkeit eines Platzens der Behälter. Gesetzliche Bestimmungen über die Herstellung und den Betrieb bestehen noch nicht. Bei sachgemäßer Handhabung der Geräte sind aber Unfälle kaum möglich, zumal die Hochdruckspritzen seit dem Jahre 1934 mit meist oben eingesetzten Sicherheitsventilen ausgestattet werden. Bei den Zerreißventilen ist eine Metallfolie in einen ringförmigen Rahmen eingespannt. Steigt der Druck im Innern des Behälters über 13,5 atm, so platzt das Plättchen und die Luft entweicht. Es muß dann ein neues Plättchen eingelegt und wieder Luft eingepumpt werden. Dieser Mangel wird bei den Federventilen vermieden. Hierbei wirkt der Druck auf einen einer Feder anliegenden Bolzen und kann nur so lange austreten, als Überdruck entsteht. Die Druckluft geht also nicht verloren. Das Ventil muß so gestaltet sein, daß es durch Brüheteilchen nicht verschmutzt und in seiner Wirkung beeinträchtigt werden kann. Bei einer vergleichenden Untersuchung von je 4 Zerreiß- bzw. Federventilen entsprach nur das Schußventil der Firma Platz (DRP. 586929, Abb. 27) allen

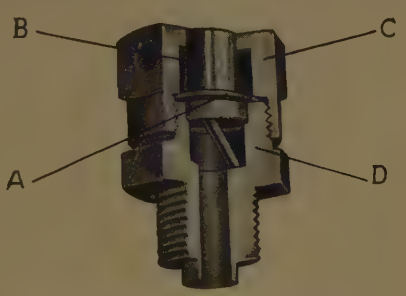

Abb. 27. Sicherheitsventil für Hochdruckspritzen. (Schußventil der Firma Platz geöffnet.)

Anforderungen[1]). Bei beginnendem Überdruck wird bei diesem der Druckbolzen B durch den Druckring A geschossen. Die Druckluft entweicht dann durch die an der Mutterkuppe C freigelegten Löcher vollständig. Nach Abschrauben des Oberteils vom Sockel D wird der Druckbolzen herausgenommen und nach Aufsetzen eines neuen Druckrings wieder in seine ursprüngliche Lage gebracht. Inzwischen sind einige der anderen untersuchten Ventile verbessert worden.

Folgende Störungen können an Hochdruckspritzen eintreten:

1. Der Druck läßt während der Arbeit erheblich nach oder reicht sogar zum Ausspritzen der Brühe nicht aus. Besteht Verdacht, daß die Luft an einer undichten Stelle des Behälters austritt oder hört man sogar ein leises Zischen, so hält man die Spritze unter Wasser oder befeuchtet wenigstens die vermutliche schadhafte Stelle und kann sie dann an der Blasenbildung erkennen. Solche Mängel treten im allgemeinen nur an sehr alten Spritzen ein. Die Entscheidung, ob eine Instandsetzung noch lohnt, überläßt man dann zweckmäßig dem Hersteller. Meist tritt in solchen Fällen jedoch Luft nach dem Ausspritzen der Brühe infolge Schadhaftigkeit der Luftabschlußkugel oder des Gummirings, auf dem diese sitzt, durch das noch nicht geschlossene Strahlrohr aus. Aus der Düse steigen dann unter Wasser Luftblasen auf. Zum Nachschauen der Kugel stellt man die Spritze auf den Kopf und nimmt den Ventilkorb nach vorsichtigem Lösen der Schrauben heraus. Das Gesicht hält man hierbei nicht über den Spritzenboden, damit die Brühe oder der Ventilkorb durch den etwa noch vorhandenen Druck nicht in die Augen geschleudert wird. Häufig genügt schon ein Abspülen der Kugel und des Sitzrings mit Wasser. Bei Vorhandensein eines Schadens ist eine Auswechslung leicht möglich.

2. Plötzlich tritt keine Brühe mehr aus, wiewohl noch hinreichender Druck vorhanden ist. Es sind dann entweder die Düse oder das Filtersieb verstopft oder die schwimmende Kugel sitzt fest. Verstopfungen kommen bei Verwendung guten Spritzkalkes, sofern Kupferkalkbrühe verspritzt wird, sowie bei Benutzung von Fertigpräparaten und Einsaugen der Brühe durch ein feinmaschiges Sieb kaum mehr vor. Durch Ausschrauben und Reinigen von Düse bzw. Filtersieb lassen sie sich leicht beseitigen. Ein Festkleben der Kugel kann manchmal schon durch Schütteln der Spritze auf dem Rücken behoben werden. Anderenfalls muß man den Ventilkorb in der angegebenen Weise herausnehmen und die Kugel nachsehen.

Zur Vermeidung von Unglücksfällen sind folgende Vorsichtsmaßnahmen zu beachten[2]):

1. Vor Beginn der Spritzperiode sind die Geräte gründlich nachzusehen und wenigstens alle 2 Jahre der Wasserdruckprüfung in folgender Weise zu unterziehen[3]): Der auf den Kopf gestellte Behälter wird nach Herausnehmen des

[1]) Gallwitz, K., Untersuchungen von Sicherheitsventilen an Rückenspritzen. Der Deutsche Weinbau. **17**, 1938, 183—185 (4 Abb.).

[2]) Zschokke, A., Maßnahmen zur Verhütung von Unglücksfällen bei Verwendung von Hochdruckspritzen im Wein- und Obstbau. Der Deutsche Weinbau **11**, 1932, 278—279 und 291—292.

[3]) Gräter, Prüfung der Hochdruck-Batteriespritzen. Der Deutsche Weinbau **10**, 1931, 158.

Ventilkorbes ganz mit Wasser gefüllt. Nach Wiedereinsetzen und normalem Aufstellen der Spritze preßt man mit einer Hand- oder Motorpumpe so viel Wasser nach, bis das Sicherheitsventil bei etwa 13 atm in Tätigkeit tritt. Ist das Ventil höher einstellbar, so kann man Wasser zupumpen bis das Manometer an der Pumpe 15 atm zeigt. Bei Schadhaftigkeit des Spritzenmantels tritt Wasser hervor, ohne daß eine Explosion entstehen kann, wie dies beim Füllen mit Luft auf diesen Druck möglich wäre.

2. Keine Hochdruckspritze darf ohne Sicherheitsventil verwendet werden. Es muß bei höchstens 13,5 atm in Tätigkeit treten.

3. Das Manometer an der Füllpumpe muß in Ordnung sein und beachtet werden. Bei Motorgeräten, die gleichzeitig als Baumspritzen mit etwa 20 atm Druck verwendet werden, darf man nicht vergessen, vor dem Füllen der Hochdruckspritzen das Sicherheitsventil an der Füllpumpe auf 10 atm umzustellen. Die Umstellmöglichkeit muß erschwert sein. Zweckmäßig verwendet man kombinierte Motorspritzen mit 2 getrennten Ventilen.

Abb. 28. Batteriespritze.

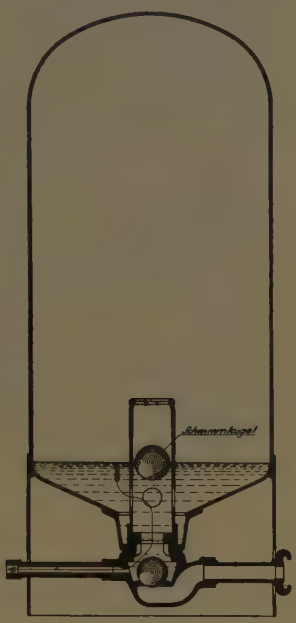

Abb. 29. Batteriespritze im Schnitt.

4. Überalterte oder schadhafte Geräte dürfen nicht verwendet werden.

5. Gefüllte Spritzen läßt man nicht längere Zeit, z. B. während der Mittagspause, in der prallen Sonne stehen, da durch Ausdehnung der erwärmten Luft ein Druckanstieg im Behälter verursacht wird.

a) Batteriespritzen

Ein Vorläufer dieses Typs war die von der Fa. Mayfarth in Frankfurt a. M. in den Jahren 1888—1914 hergestellte Syphonia.[1]) Da Brühe und Luft mit einer gesonderten Pumpe eingepreßt werden, besteht die Spritze lediglich aus einem zylindrischen Behälter. Die in den letzten Jahren in den Handel gekommene mittelhohe Form mit etwa 18 l Flüssigkeitsinhalt dürfte sich am bequemsten tragen lassen (Abb. 28, 29).

Ein „Luftrührwerk" besteht aus einem Zwischenboden, der die eingepreßte Luft zunächst im unteren Teil der Spritze hält, während sie sich sonst im oberen ansammelt. Während des Spritzens steigt dann die Luft durch die

[1]) Tubeuf, C.. v., s. Anm. [1]), S. 169 (Abb.).

Abb. 30. Batteriespritzen mit Gabeldüsen bei der Kartoffelkäferbekämpfung (Bild KAD.).

Brühe empor und wirbelt diese auf. Der Wirkungsgrad ist gering und nur beim Beginn des Spritzens vorhanden. In der Praxis hat sich das Luftrührwerk auch wegen der Gewichtserhöhung nicht eingebürgert. Weit wirksamer ist das Aufrühren der Brühe vor dem Einfüllen. Nur wenn das Ausspritzen, z. B. bei längerem Anmarschweg, nicht innerhalb der nächsten Viertelstunde erfolgen kann, muß die Brühe durch Schütteln der Spritze auf dem Rücken nochmals aufgewirbelt werden.

Bis etwa zum Jahre 1920 waren Batteriespritzen in Deutschland nur auf großen Weingütern im Gebrauch. Als dann billige Hand- und kleine Motorfüllpumpen in den Handel kamen, fanden sie auch in mittleren und kleineren Betrieben Eingang und heute sind sie das Spritzgerät im Weinbau. Im Obst- und Hopfenbau haben sie geringere Verbreitung gefunden, weil dort in erheblichem Ausmaß fahrbare Spritzen verwendet werden können. Soweit dies nicht möglich ist, sind Batteriespritzen auch zum Bespritzen von Obstbäumen weit zweckmäßiger als die noch vielfach gebrauchten „selbsttätigen" Spritzen mit eingebauter Füllpumpe. Auch bei der Kartoffelkäferbekämpfung haben sie sich auf schwer zugänglichen Schlägen bewährt (Abb. 30). Die Firma F. F. A. Schulze, Berlin N 54, brachte vor kurzem eine auf gummibereiften Rädern fahrbare Batteriespritze mit 100 l Flüssigkeitsinhalt zur Kartoffelkäferbekämpfung auf kleinen Schlägen in den Handel. Sie kann auch mittels Preßluft betrieben werden.

b) Kombinierte Hochdruckspritzen mit eingebauter Füllpumpe

In der Konstruktion und Handhabung entsprechen sie den Batteriespritzen. Die Pumpe zum Einpressen von Luft und Brühe ist jedoch im Behälter eingebaut. Im Gegensatz zu den selbsttätigen Spritzen bleibt die bei Beginn der Arbeit eingepreßte Luft erhalten. Da der Druck doppelt so hoch ist als bei diesen, müssen sie aus stärkerem Material hergestellt sein. Der höhere Preis wird durch die genannten Vorteile bei weitem ausgeglichen. Kombinierte Hochdruckspritzen kommen vornehmlich im Obst- und Gartenbau in Frage, falls nur eine Spritze für jeweils kurze Zeitdauer im Gebrauch ist. Man erspart dann die Beschaffung und Wartung einer gesonderten Füllpumpe. Da seit dem Jahre 1937 abkuppelbare Füllpumpen für Batteriespritzen in den Handel gekommen sind, wird man diese auch bei Verwendung nur einer Spritze künftig vorziehen, sofern sie häufig im Gebrauch ist. Man vermeidet dann das Umherschleppen der Pumpe während der Spritzarbeit. Allerdings ist eine gesonderte Pumpe weniger standfest und leichter Beschädigungen ausgesetzt als eine eingebaute. Die in Deutschland vorhandenen kombinierten Hochdruckspritzen unterscheiden sich hauptsächlich durch die Anbringung des Übersetzungshebels, nämlich „Kombinator" der Firma Holder und „Matador" der Firma Platz. Ein kräftiger Arbeiter kann die Pumpe ohne besondere Mühe an dem oben angebrachten Knebel bedienen. Zum Einpumpen von 3 atm Luft sind bei Beginn der Spritzarbeit etwa 4 Minuten, zum jeweiligen Einpressen von 15 l Brühe etwa 1½ Minuten, bei Benutzung des Übersetzungshebels etwa die doppelte Zeit erforderlich. Jacoby hat im Jahre 1936 unter dem Namen „Centra", Holder 1937 mit der Bezeichnung „Frankonia" eine derartige Spritze ohne Schwimmerventil herausgebracht. Das Ausströmen der Luft muß bei dieser durch rasches Schließen des Ventils am Spritzrohr oder des Schlauchentlastungshahns bewirkt werden. Die einfachere Konstruktion ermöglicht eine Verringerung des Preises, des Gewichts und der Unterhaltungskosten. „Kombinator" und „Matador" werden auch als einräderig fahrbare Baumspritzen für 30 l Flüssigkeitsinhalt geliefert.

c) Preßluftspritzen

Sie unterscheiden sich von den Batteriespritzen durch das Fehlen des Schwimmerventils, da die eingepreßte Luft bei jeder Entleerung mit ausströmt. Um dies zu verhindern, hat man einen „Sparboden" eingebaut, der den Raum für die Preßluft abgrenzt. Sobald die Brühe ausgetreten ist, kann das weitere Einströmen der Luft in den Brüheraum durch rasches Schließen eines Ventils verhindert werden. Es bleibt also jeweils ein Teil der Preßluft erhalten. Infolge des Mehrpreises und der umständlicheren Handhabung werden aber heute Preßluftspritzen mit Sparboden kaum mehr verwendet.

Wahrscheinlich sind Preßluftspritzen zuerst auf dem Staatsweingut Serrig a. d. Saar um das Jahr 1912 benutzt worden. Dort wurde mit einem ursprünglich zum Betrieb von Gesteinsbohrern verwendeten fahrbaren Kompressor Luft in Batteriebehälter eingepreßt, nachdem diese durch eine oben angebrachte Öffnung zu zwei Dritteln mit Brühe gefüllt worden waren.

Heute werden Preßluftspritzen hauptsächlich in einigen Weinbaugemeinden Süddeutschlands verwendet. Zu ihrem Betriebe benötigt man keinerlei Pumpen. Die Konstruktion der Spritzen ist infolge des Wegfalls des Schwimmerventils denkbar einfach und der Preis niedrig. Nachteile erwachsen aus der Beförderung der schweren Preßluftflaschen, der Möglichkeit erheblicher Arbeitsstockung bei ungenügender Überwachung des Preßluftvorrats und der Gefährdung der Arbeiter bei mangelnder Aufmerksamkeit während des Füllens. Die Wirtschaftlichkeit wird durch den Preis der Preßluft begrenzt. Die zum Füllen der Preßluftflaschen auf 150 atm Druck erforderlichen Kompressoranlagen sind nur in Industrieorten vorhanden oder müssen mit erheblichen Kosten (Kompressor von Holder oder Platz) beschafft werden. Wo beim Verspritzen von 1000 l Brühe nur etwa *RM* 2.— Unkosten für die Preßluft erwachsen, wie an einigen Orten der Saarpfalz, ist der Gebrauch von Preßluftspritzen im Weinbau vorteilhaft. Er kommt natürlich nur bei gleichzeitigem Füllen mehrerer Spritzen, also in größeren Betrieben oder an gemeinsamen Spritzbrüheanlagen in Frage.

d) Kohlensäure-Spritzen

Schon gegen Ende des vorigen Jahrhunderts benutzte man in Frankreich eine als „l'Automatic" bezeichnete Spritze, in der der erforderliche Druck durch Entwicklung von Kohlensäure erzeugt wurde. Eine Nachbildung entstand in Deutschland in der Krewelschen Peronospora-Spritze „Rhenania".[1]) Mit ihr sollte Kupfersodabrühe (Burgunderbrühe) verspritzt werden. An Stelle von Soda wurde jedoch doppeltkohlensaures Natron verwendet, das beim Ansetzen mit Kupfervitriol einen Teil seiner Kohlensäure freigibt. Auf diese Weise wurde die Brühe ausgepreßt. Da das gebildete kohlensaure Kupfer schlecht an den Blättern haftete, wurde noch schwefelsaures Aluminium hinzugegeben. Nach Zugabe des „Kupferbrausesalzes" zu der mit 9 l Brühe gefüllten Spritze und Schließen der Öffnungen mußte etwa 1 Minute lang geschüttelt werden, bis die erforderliche Kohlensäure entwickelt war. Die Spritze wurde mittels besonderer Achselriemenhalter getragen. Eingang in die Praxis hat sie wohl deswegen nicht gefunden, weil die billigere und auch in anderen Punkten vorteilhaftere Kupferkalkbrühe nicht mit ihr verspritzt werden konnte.

Im Jahre 1933 griff die I. G. Farbenindustrie Ludwigshafen a. Rh. unabhängig davon die Frage der Kohlensäureverwendung zur Druckerzeugung erneut auf. Als Druckspender verwendete sie feste Kohlensäure, die von ihr unter dem Namen Hartgas oder für Kühlzwecke als „Trockeneis" in den Handel gebracht wird. Die dichtgepreßten, eisähnlichen Würfel von — 79° C verdampfen bei normaler Temperatur sehr rasch. 1 kg Hartgas liefert rund 500 l gasförmige Kohlensäure (Druckgas). Bei Brühen, die durch die Kohlensäure keine ungünstige Änderung erfahren, kann das Hartgas unmittelbar in die Flüssigkeit geworfen werden. Durch Lösung von Kohlensäure in der Brühe entstehen jedoch Druckverluste. Zweckmäßig wird das Hartgas daher stets in einem in die Spritze eingehängten Gummibeutel zur Vergasung gebracht, der vorher mit 1 l 20%iger Kochsalzlösung gefüllt

[1]) Meißner, R., Die Krewelsche Peronospora-Spritze „Rhenania". Mittlg. über Weinbau u. Kellerwirtsch. **10**, 1898, 33—38; 1 Abb.

wurde. Durch Ausdehnung des Gummibeutels in die Form und Größe der Preßluftspritze wird die Brühe herausgedrückt. Hartgasspritzen werden z. B. von der Firma Otto Grün, Neustadt a. d. Weinstraße, mit 19 l Flüssigkeitsinhalt in den Handel gebracht.

Nach Eingießen der Brühe durch eine seitliche Öffnung und Verschließen derselben wird die erforderliche Menge gekörntes Hartgas mittels eines Meßbechers durch ein oben angebrachtes Mundstück, das den Gummibeutel trägt, eingefüllt und die Verschlußschraube geschlossen. Zum Füllen der Spritze benötigt man etwa 3 Minuten. Nach dem Verschließen ist der erforderliche Druck in etwa 1 Minute erreicht. Je nach der Menge des eingeführten Hartgases steigt er bis zu 10 atm und sinkt bei Entleerung der Spritzbrühe innerhalb von etwa 9 Minuten auf etwa 2 atm. Vor dem Neufüllen muß der Druck durch Öffnen der oberen Füllschraube abgelassen werden.

Die Handhabung dieser Spritze ist also außerordentlich einfach. Die Wirtschaftlichkeit wird durch die Bezugsmöglichkeit des Hartgases bestimmt. Zu dessen Aufbewahrung und Beförderung verwendet man Kübel, Fässer und Bahnbehälter mit Wärmeschutz. Je länger das Hartgas bis zum Gebrauch gelagert werden muß, desto größer ist der Verlust durch Verdampfung. Eine Wirtschaftlichkeit erscheint dort gegeben, wo Hartgas jederzeit erlangt werden kann und zahlreiche Spritzen in Betrieb sind, also z. B. an gemeinsamen Spritzbrüheanlagen. In verschiedenen Weinorten Rheinhessens unterhält die I. G. Farbenindustrie, Ludwigshafen a. Rh., daher bereits Hartgaslager.

e) Tierrücken- und Schlittenspritzen

Um dem Arbeiter das Schleppen der schweren Spritzen zu ersparen und ihn weniger häufig zur Füllstelle zurückgehen zu lassen, hat man Hochdruckbehälter in zylindrischer Form zum Auflegen auf Pferde, Maultiere oder Esel mit einem gesamten Brüheinhalt von 50 oder 75 l hergestellt. Meist verwendet man 4 Behälter nebeneinander, von denen die beiden mittleren kleiner sind als die beiden äußeren. Sie sind durch Schlauchleitungen miteinander verbunden und werden in der gleichen Weise wie Batteriespritzen gefüllt. Die Brühe wird durch ein auf jeder Seite längs verlaufendes Rohr hinter das Tragtier geleitet und tritt dort aus kurzen nach Bedarf waagerecht oder senkrecht einstellbaren mit 3 Düsen versehenen Querrohren aus (Abb. 31). In diesem Falle ist nur ein Bedienungsmann zum Führen des Tragtieres erforderlich. Um die Nachteile einer mechanischen Spritzung, z. B. im Weinbau, zu umgehen, kann man auch nach hinten und nach jeder Seite eine Schlauchleitung abgehen lassen, mit der die Pflanzen durch je einen Arbeiter unmittelbar bespritzt werden.

Zum Tragen derartiger Spritzen haben sich besonders Maultiere als geeignet erwiesen, während Pferde meist zu unruhig sind. Da Maultiere kaum vorhanden sind und auch in steilen Rebhängen nicht verwendet werden können, haben Tierrückenspritzen in Deutschland keinen Eingang in die Praxis gefunden. Inwieweit sie unter günstigen Verhältnissen bzw. bei anderen Pflanzenkulturen wirtschaftlich sind, wäre zu prüfen.

Batteriebehälter mit 100—200 l Inhalt sind auch zu zweien auf einem schmalen Fahrgestell übereinander oder auf einem Schlitten nebeneinander montiert in

den Handel gekommen. Da die Konstruktion dieselbe ist wie bei den rückentragbaren Batteriespritzen, sei hier auf diese selten angewendeten Geräte nur kurz hingewiesen. Seit Einführung der fahrbaren Motorspritzen ist ihr Anwendungsgebiet sehr beschränkt worden. Schlittenfahrbare Hochdruckspritzen kommen allenfalls im Forstschutz in Frage, weil sie auch auf unwegsamem Gelände benutzt werden können und leichter sind als Motorspritzen mit entsprechend großem Brühebehälter.

Abb. 31. Tierrückenspritze (Platz).

5. Füllpumpen für Handbetrieb

Zum Füllen von Batteriespritzen mit Luft und Brühe sind gesonderte Pumpen erforderlich. Die kleinste Ausführung kann mit einem Handgriff seitlich an die Batteriespritze angekuppelt werden. Unter der Bezeichnung „Matex" bzw. „Reform" bringt Platz bzw. Holder seit dem Jahre 1937 Batteriespritzen mit einer solchen Pumpe in den Handel. Diese Ausführung kommt in Frage, wenn nur mit 1 bis 2 Spritzen gearbeitet wird. Als Beispiel einer gesonderten kleinen Füllpumpe sei „Eidechs" von Jacoby genannt (Abb. 32). Beim Betriebe von 1—3 Spritzen verwendet man etwas leistungsfähigere Füllpumpen, wie „Flott", „Fixum" (Abb. 33) oder „Fix" Nr. 0 von Holder, „Kleinwunder" und „Planta" 1 und 2 von Jacoby (Abb. 34), „Neurapid", „Moselrapid" und „Rapid" Nr. 0 von Platz.

Für 4—5 Spritzen benutzt man größere einfachwirkende Hebelpumpen wie „Fix" Nr. 1 und 2 von Holder oder „Rapid" Nr. 1 und 2 von Platz. Hinreichende Standfestigkeit erleichtert die Arbeit. Wo die Brühe in Fässern ange-

Abb. 32. Kleine Füllpumpe („Eidechs" der Firma Jacoby).

Abb. 33. Füllpumpe mit Fahrgestell („Fixum" der Firma Holder).

gefahren oder aus feststehenden Behältern gepumpt wird, verwendet man daher Ausführungen, die sich hinten am Brühewagen oder auf dem Behälter anschrauben lassen.

Für 6 und mehr Spritzen sind doppeltwirkende Hebelpumpen, z. B. „Fix" Nr. 3 von Holder oder „Rapid" Nr. 3 von Platz im Handel. Zur Bedienung sind 2 Leute erforderlich. Sie kommen nur noch dort in Frage, wo man aus irgendwelchen Gründen Motorfüllpumpen (s. Motorspritzen) nicht verwenden will.

Abb. 34. Füllpumpe („Planta" der Firma Jacoby).

III. Karrenspritzen (12–15 atm)

Bei den Karrenspritzen sind der Brühebehälter von 50—150 l Inhalt und die Pumpe auf ein-, zwei oder dreiräderige Fahrgestelle aufgesetzt. Sie können daher nur dort verwendet werden, wo man an die Pflanzen heranfahren kann. Der Arbeiter braucht also keine Last zu schleppen und infolge des größeren Inhalts weniger häufig zu der Füllstelle zurückzukehren. Karrenspritzen sind bisher hauptsächlich im Obstbau im Gebrauch, eignen sich aber in ebenem Gelände auch für den Weinbau, Hopfenbau usw. Wo das Fahren durch offenen Boden erschwert wird, muß man breitere Radkränze oder gummibereifte Räder wählen.

Der Brühebehälter wird zweckmäßig in zylindrischer Form aus Messing oder Holz hergestellt. Zur Erzielung eines gleichmäßigen Spritzstrahls wird die Brühe aus diesem mittels einer Kolbenpumpe zunächst in einen Windkessel gepreßt, aus dem sie durch einen meist 5—10 m langen Schlauch und ein aufgeschraubtes

Strahlrohr von etwa 1 m Länge austritt. Beim Bespritzen von Obstbäumen benutzt man je nach deren Höhe 2—5 m lange Bambusrohre. Zur Bedienung sind wenigstens 2 Leute erforderlich: einer zum Fahren der Spritze und Pumpen, ein anderer zum Spritzen. Wenn rasch gearbeitet werden soll, spritzt ein dritter Mann aus einer zweiten Schlauchleitung. Der Arbeiter an der Pumpe und der am Spritzschlauch wechseln nach Bedarf ab. Wo man nicht an alle Bäume heranfahren kann, wird ein Modell mit besonderem Anschlußstutzen zum Füllen von Batteriespritzen beschafft. Diese können jedoch nur behelfsmäßig mit einer derartigen Pumpe gefüllt werden, da das Einpumpen der Brühe durch den Windkessel mehr Kraftaufwand erfordert als ein unmittelbares Füllen. Infolge besonderer Konstruktion des Windkessels gilt dies nicht für die Füllpumpe „Planta" der Firma Jacoby.

Wenn auch ein möglichst großer Behälter zur Ersparung von Zeitverlusten durch das Füllen wünschenswert ist, so sind doch die Geländeverhältnisse für die Größe ausschlaggebend. Die Fortbewegung muß ohne Schwierigkeiten möglich sein. Von 100 l an ist ein zweiräderiges Fahrgestell mit liegendem Behälter vorzuziehen.

Die vorhandenen Modelle unterscheiden sich hauptsächlich in der Art und Anordnung von Behälter, Pumpe und Windkessel. Liegen diese im Behälter, so geht bei Undichtwerden keine Brühe verloren. Andererseits lassen sich Schäden bei Anbringung außerhalb des Behälters leichter feststellen und beheben. Die wichtigsten Anforderungen an eine Karrenspritze sind neben solider Beschaffenheit des Materials:

1. Hohe Leistungsfähigkeit der Pumpe bei geringem Kraftaufwand;
2. leichte Zugänglichkeit der Ventile und Ventilsitze;
3. bequeme Nachstellbarkeit der Kolben, möglichst von außen her und ohne Werkzeug;
4. leichte Auswechselbarkeit von Teilen, die raschem Verschleiß unterliegen, z. B. der Ventilsitze;
5. zweckmäßige Lagerung des Schwerpunkts zur Erleichterung des Fahrens.

Diesen Bedingungen entsprach die Karrenspritze „Suevia" der Firma Holder (Abb. 35) bei einer im Jahre 1936 durch den Reichsnährstand vorgenommenen Vergleichsprüfung in besonderem Maße.[1])

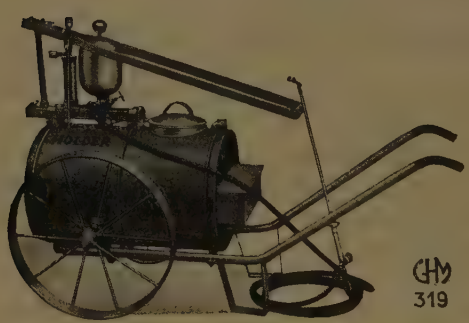

Abb. 35. Karrenspritze („Suevia" der Firma Holder).

Die Abmessungen der Pumpe werden durch die Leistungsfähigkeit des Bedienungsmanns und die geforderte Spritzleistung begrenzt. Erfahrungsgemäß leistet ein Mann 7—8 mkg/s. Bei häufiger Unterbrechung der Arbeit, wie sie beim Spritzen von Obstbäumen durch den Standortswechsel verursacht wird,

[1]) Ow, Frhr. v., und andere, Vergleichsprüfung von Karrenspritzen für Schädlingsbekämpfung. Maschinen- u. Geräteprüfungen d. Reichsnährstandes **2**, 1937, 13—20; 25 Abb.

kann die Leistung auf etwa 10 mkg/s gesteigert werden. Bei der erwähnten Vergleichsprüfung hat sich gezeigt, daß diese nicht ausreichen, um mit 2 Düsen von je 1,5 mm Durchmesser einen mittleren Druck von 12 atm zu gewährleisten. Hierzu sind 14—17 mkg/s erforderlich. Wenn also mit 2 Düsen gearbeitet wird, so muß der Druck wesentlich unter 12 atm liegen, oder man muß den Durchmesser der Düse auf 1,3 mm vermindern, so daß statt normal 5 l nur 3,75 l je Minute mit 2 Düsen verspritzt werden. Dadurch sinkt natürlich die Spritzleistung. Wird, um dies zu vermeiden, der Düsenquerschnitt vergrößert, so gelangt die Brühe in nicht genügend feiner Verteilung auf die Pflanzen, womit Verschwendung von Brühe und Beeinträchtigung des Wachstums verbunden sein kann. Das Hebelverhältnis des Pumpenschwengels bzw. dessen Länge, wird ebenfalls durch die Leistungsfähigkeit des Bedienungsmanns bedingt. Bei mittlerer Körpergröße können 40—50 Hübe je Minute von je 800—900 mm Höhe ausgeführt werden. Der Hebeldruck darf bei 8 mkg/s daher etwa 11,9—13,3 kg betragen. Kolbendurchmesser und Hebellänge ergeben sich aus dem gewünschten Betriebsdruck. Kolben mit großem Durchmesser und kleinem Hub sind nach den Feststellungen von Ows solchen mit kleinem Durchmesser und langem Hub in der Leistung überlegen. Praktisch ist jedoch das umgekehrte Verhältnis vorteilhafter, weil es geringeren Kraftaufwand erfordert.

Druckschwankungen während des Betriebs werden um so mehr vermindert, je größer das Verhältnis von Windkessel zu Zylinderinhalt ist. Bei der erwähnten Prüfung wurden Schwankungen zwischen 33 und 68% des mittleren Betriebsdrucks beobachtet. Durch ein Entleerungsventil, das den Rücklauf der Brühe aus Windkessel und Leitung in den Behälter ermöglicht, wird die Bedienung der Spritze vereinfacht und Brüheverlust vermieden.

Der Gummiplattenkolben verdient gegenüber dem Schlauchkolben den Vorzug, da beim Verspritzen von Karbolineum eine Verhärtung des Gummis eintritt, wenn das Spritzmittel von der Innenseite her mit ihm in Berührung kommt. Fettschrauben, die eine Schmierung des Kolbens ohne Ausbau gestatten, finden sich an verschiedenen Modellen.

Die heute meist benutzten Rührvorrichtungen erwiesen sich bei der Prüfung als unvollkommen. Sie haben die Gestalt eines Tellers und bewegen sich entweder mit dem Kolben auf und ab oder durch Befestigung an einem drehbaren Hebel auf einem Kreisbogen hin und her. Die Rührwirkung ist also von der Art des Pumpens abhängig und daher ungleichmäßig. Zu erwägen wäre die Anbringung eines unabhängig von der Pumpe bewegten Schaufelrads, das in kurzem Abstand gedreht, ein kräftiges Aufrühren der Brühe ermöglichen würde. Die Karrenspritze „Cimbria" der Firma Platz besitzt ein vom Pumpenhebel angetriebenes Schaufelrührwerk von guter Wirksamkeit.

Wo man mit einem von Hand gezogenen oder pferdebespannten Wagen an die Bäume heranfahren kann, genügt ein altes Faß als Brühebehälter. Pumpe und Windkessel werden dann gesondert beschafft und hinten am Wagen befestigt. Die Brühe wird mit einem Schlauch aus dem Faß gesaugt. Bei verschiedenen Modellen ist das Pumpenaggregat leicht lösbar auf den Behälter oder das Fahrgestell aufgesetzt und kann daher auch in der erwähnten Weise verwendet

Abb. 36. Baumspritze mit gesondertem Brühefaß (Bild Jacoby).

werden. Andere Hersteller bringen gesonderte Pumpen für diesen Zweck in den Handel (Abb. 36).

Über die Messung des Kraftbedarfs beim Pumpen und des Drucks an der Düse enthält die erwähnte Arbeit nähere Angaben.

IV. Pferdefahrbare Spritzen ohne Motorantrieb

Pferdefahrbare Spritzen kommen vor allem für die Landwirtschaft in Frage. Diese sog. Hederichspritzen bestehen aus einem zwei-, seltener vierräderigen Fahrgestell mit meist zwischen 100 und 140 cm verstellbarer Spurweite bei einem Raddurchmesser von 76—130 cm. Der aus Holz oder Messing hergestellte Brühebehälter faßt meist 300 l. Vor den Rädern angebrachte „Krauträumer", die eine Beschädigung der Pflanzen verhindern sollten, haben sich nicht bewährt. Zur Erleichterung der Fortbewegung in weichem Boden sind Radkränze von etwa 7,5 cm Breite erforderlich. Am besten verwendet man gummibereifte Räder. Hinsichtlich der Verteilung der Spritzbrühe lassen sich 3 Typen unterscheiden:

1. Brüheverteilung durch Kolbenpumpen mit Antrieb vom Laufrad

Die meist doppeltwirkende Plungerpumpe saugt die Brühe aus dem Behälter an und drückt sie in einen im allgemeinen im Innern des Behälters angebrachten Windkessel. Dieser bewirkt genau so wie bei einer rückentragbaren Kolbenspritze einen Ausgleich zwischen den einzelnen Pumpenstößen. Auf dem Windkessel

sind Manometer und Sicherheitsventil angebracht. Beim Überschreiten des eingestellten Höchstdrucks strömt Brühe aus dem Windkessel durch das Sicherheitsventil in den Behälter zurück, bis der normale Druck erreicht ist. Der Antrieb der Pumpe erfolgt von einem Laufrad aus. Bei zahlreichen Modellen wirkt eine exzentrisch auf dem Rad oder der abgekröpften Achse angebrachte Treibstange unmittelbar auf den Pumpenhebel, so daß die Kolben bei jeder Radumdrehung einmal hin- und hergehen. Ein Ausrücken während der Fahrt ist bei dieser Anordnung nicht möglich. Auf unebenem Boden treten für Maschine

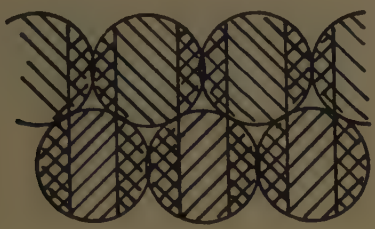

Abb. 37. Grundriß der Spritzkegel einer Hederichspritze (Fischer).

Abb. 38. Düsenanordnung an einer amerikanischen Kartoffelspritze (Butler).

wie Zugtier nachteilige Stöße ein. Die Verstellung des Hubes zwecks Änderung der austretenden Brühemenge geschieht durch Verkürzen der Treibstange am Pumpenhebel oder am Rad. Bei anderen Modellen erfolgt die Kraftübertragung durch eine über Zahnräder laufende Kette. Der Zahnradantrieb gestattet leichtes Ein- und Ausrücken der Pumpe während der Fahrt, aber auch Verstellung des Hubes an der Kurbelscheibe.

Der Betriebsdruck dieser Pumpen schwankt zwischen 3 und 10 atm und beträgt in der Praxis meist 5 atm. Für die Hederich- und Rübenfliegenbekämpfung ist dieser Druck ausreichend. Zur feinen Versprühung von Arsenmitteln in Kartoffelfeldern usw. stellt er die untere Grenze dar. Er wird durch die Fahrgeschwindigkeit beeinflußt und ist erst nach einigen Metern Fahrt vorhanden.

Das Leergewicht der Hederichspritzen schwankt zwischen 172 kg (Rapha von Holder) und 390 kg (Platz), die lichte Höhe zwischen 25 und 65 cm, die Arbeitsbreite zwischen 4 und 10 m.

Die 7—15 Düsen sind an einem rückwärts angebrachten Rohr angeordnet, das bei Nichtbenutzung im allgemeinen in 2 Teilen hochgeklappt werden kann. Bei manchen Modellen läßt sich das Düsenrohr an der Befestigungsstange in verschiedener Höhe einstellen. Durch Stellung benachbarter Düsen in verschiedenem Winkel wird eine Überschneidung der hohlen Streukegel und damit eine gleichmäßigere Verteilung der Brühe erreicht (Abb. 37). Bei den amerikanischen Kartoffelspritzen hat sich die in Abb. 38 gezeigte Düsenanordnung am besten bewährt. Jede Reihe wird hierbei von je einer Düse von oben und von jeder Seite bespritzt.

Die Größe der Maschine ist im Einzelfall ausschlaggebend für ihre Wirtschaftlichkeit. Mentzel[1]) hat mit verschieden großen Modellen einer Firma Unterschiede in der Tagesleistung ($8\frac{1}{2}$ Stunden reine Arbeitszeit) zwischen $3\frac{1}{2}$ ha (kleinster Typ) und 10 ha (größter Typ) erhalten. Dies erklärt sich aus den mit abnehmender Größe zunehmenden Zahlen für Füllzeit und Leerlauf. Hinzu kommt, daß die Zerstäubung bei den kleineren Modellen infolge geringen Drucks weniger gut ist, als bei den großen. Deren Mehrpreis macht sich daher durch Zeitersparnis und durch die Möglichkeit, eine Spritzung rechtzeitig zu beendigen, rasch bezahlt. Allerdings müssen auch die Geländeverhältnisse bei der Wahl berücksichtigt werden, da große Maschinen leichter in den Boden einsinken und mehr Zugkraft erfordern als kleine. Nach Langenbuch[2]) beträgt die Tagesleistung einer „Kartoffelspritze" mit 12—15 Düsen je nach Bodenart, Witterung und Krauthöhe 6—10 ha bei einem Brüheverbrauch von 650 hl je Hektar.

Abb. 39. Pferdefahrbare Kartoffelspritze mit Kettenantrieb vom Laufrad.
(Bean Triplex Traction Sprayer der Firma John Bean Mfg.-Co., San José, USA.)

Die bisherigen Angaben bezogen sich hauptsächlich auf die Hederichspritzen der deutschen Hersteller. Die amerikanischen Typen zeichnen sich durch höheren Betriebsdruck aus, der durch Verwendung von 3—4 Kolbenpumpen erreicht wird. Das Leergewicht steigt dadurch auf über 500 kg, so daß 2 Pferde zur Bespannung erforderlich sind; der Preis auf mehr als 1000 *RM*. So beträgt das Leergewicht der in Abb. 39 wiedergegebenen Kartoffelspritze 520 kg, der

[1]) Mentzel, F., s. Anm. 3, S. 164.

[2]) Langenbuch, R., Die bei der Kartoffelkäferbekämpfung 1934/35 in Stade verwandten Spritzgeräte. Die Technik i. d. Landw. **16**, 1935, 249—251; 6 Abb.

Betriebsdruck 17—20 atm, die Arbeitsbreite etwa 5 Meter (4—6 Reihen). Der vom Laufrad ausgehende Kettenantrieb betätigt drei an einer Exzenterwelle sitzende Pumpenkolben und das Rührwerk. Für deutsche Verhältnisse wären derartige Maschinen wegen der engeren Pflanzweite und des Mangels an Zugtieren wenig geeignet.

Behelfsmäßig läßt sich eine Hederichspritze in der am Schluß des Kapitels III angegebenen Weise erzielen. Statt der Baumspritzleitung wird dann an dem mit dem Brühefaß beladenen Wagen hinten ein mit Düsen versehenes Querrohr angebracht. Die am oder hinter dem Faß festgemachte Pumpe wird während des Fahrens von einem auf dem Wagen stehenden Mann bedient, während ein zweiter das Pferd führt.

Pferdefahrbare Kolbenspritzen wurden in Frankreich frühzeitig auch in schmaler Form für den Weinbau hergestellt und schon um das Jahr 1910 auch in Deutschland gebaut. Um zwischen den Rebzeilen hindurchfahren zu können, wurde die größte Breite auf etwa 80 cm, die Spurweite auf etwa 65 cm, der Inhalt des viereckigen oder elliptischen Behälters auf 100—200 l vermindert. Die doppeltwirkende Pumpe wird im allgemeinen durch Kettenantrieb vom Laufrad aus betätigt. Die Brühe tritt auf jeder Seite aus je einem hinten senkrecht angebrachten Rohr aus. Die beiden Düsenrohre können mittels rechtwinkeliger Halter seitlich und nach der Höhe verstellt werden. Bei den meisten Modellen lassen sie sich auch waagerecht zur Bespritzung von Feldern anbringen.

Obwohl derartige Weinbergsspritzen schon im Jahre 1912 geprüft[1]) und später wiederum empfohlen wurden[2]), haben sie sich in Deutschland nicht eingebürgert. Sie sind nur im Drahtbau bei einer Reihenentfernung von mindestens 120 cm und in ebenem oder wenig ansteigendem Gelände verwendbar. Zum Wenden ist am Ende der Rebzeilen beiderseits erheblicher Raum erforderlich. Ist der Führersitz auf dem Gerät angebracht, so wird das Ganze schwer und sinkt leicht in den lockeren Weinbergsboden ein. Von vorn läßt sich das Pferd bei der geringen Zeilenbreite schwer führen. Der Hauptnachteil liegt jedoch in der mechanischen Verteilung der Brühe. Auch wenn die Düsen so gestellt werden, daß der Strahl von unten nach oben in die Stöcke gelangt, ist eine gleichmäßige Bespritzung der Blattunterseiten und der Gescheine bzw. Trauben bei dem geringen Druck nicht möglich.

2. Brüheverteilung durch Preßluft

Derartige Spritzen wurden ebenfalls zuerst in Frankreich, später auch in Deutschland, und zwar hauptsächlich für den Wein- und Obstbau hergestellt.[3]) Die Brühe wird mittels Preßluft aus dem Behälter ausgetrieben. Dieser muß also luftdicht schließen und einen Druck von 25 atm aushalten. Auf oder neben ihm wird die Stahlflasche befestigt, aus der die Druckluft durch ein Reduzierventil in den Behälter einströmt. Bei dem Modell der Firma Holder (Gewicht

---

[1]) Dern, s. Anm. 1, S. 164.

[2]) Rauh, K., Maschinen und Geräte für den Weinbau. Der Deutsche Weinbau **6**, 1927, 271—273 u. 284—285; 19 Abb.

[3]) Reh, L., Eine neue selbsttätige Spritze. Anz. Schädlingskunde **5**, 1928, 161; 1 Abb.

mit Stahlflasche 310 kg) sind zwei zylindrische Brühebehälter nebeneinander angeordnet, so daß auch kleinere Brühemengen verspritzt werden können und bei Undichtwerden des einen der andere zur Verfügung steht. Bei dem zweiten deutschen Modell der Firma J. Pieper, Estebrügge (Gewicht mit Füllung und Stahlflaschen 800 kg) ist nur ein Behälter vorhanden.

Den Vorteilen dieses Spritzentyps: einfache Bauweise und Bedienung, sauberes, geräuschloses Arbeiten und geringe Unterhaltungskosten stehen folgende Mängel gegenüber: erhebliche Kosten und Umstände für die Beschaffung und den Transport der Preßluft, beträchtliche Gewichtserhöhung des Geräts durch die etwa 70 kg schwere Stahlflasche, Arbeitsstockung bei nicht rechtzeitiger Ergänzung des Preßluftvorrates, Gefährdung des Arbeiters bei Bedienungsfehlern, da der Druck in der Stahlflasche 120 atm beträgt, im Behälter aber auf höchstens 25 atm ansteigen darf. Bedingung für die Wirtschaftlichkeit derartiger Spritzen ist die bequeme Erlangbarkeit billiger Preßluft, die bisher nur in Industriegebieten gegeben ist. Daher konnten sich diese Spritzen nicht einbürgern.

Bei anderen Typen wirkt die Preßluft erst an der Düse auf die Brühe ein. In Amerika ist eine derartige Spritze im Handel, bei der die Brühe mit nur 1 atm Druck an den Düsen austritt, um dann vom Preßluftstrom zerstäubt zu werden.[1]) Eine nach dem gleichen Prinzip arbeitende Motorbaumspritze wurde vor etwa 10 Jahren in Deutschland erfolglos in Versuch genommen. Bei einem von der Firma Rex Spray Co., Toledo, Ohio, USA., unter dem Namen Liqui duster nur für den Obstbau hergestellten Typ wird ein starker Luftstrom mittels Ventilator durch ein weites Auswurfrohr getrieben.[2]) Die in feinem Strahl eintretende Brühe wird von dem Luftstrom mitgerissen und vernebelt. Leiby[3]) empfiehlt eine auch im Feldbau verwendbare Spritze, bei der die konzentrierte Brühe durch einen mit flüssigem Brennstoff erzeugten Dampfstrom kurz vor der Düse verdünnt und fein vernebelt wird. Die Zerstäubung kann durch Änderung der Dampfzufuhr mehr oder weniger fein gestaltet werden. Eine ähnliche Baumspritze ist auch in Frankreich gebaut worden.[4])

Diese Typen dürften sich kaum durchsetzen, weil die Brühe zu fein vernebelt und daher leicht durch Wind weggeweht wird, so daß die Lenkung des Brühestrahls nach der gewünschten Stelle nicht immer möglich ist.

3. Brüheverteilung durch rotierende Teller

Die einzige Spritze dieses Typs ist von der Firma A. S. Petershaab in Bronderslev (Dänemark) im Jahre 1928 unter dem Namen „Kartof" in den Handel gebracht worden (Abb. 40). Die Versprühung der Brühe erfolgt durch einen am hinteren Ende angebrachten Teller, der mittels eines Zahnrades und Kettenübertragung vom Laufrad aus rasch gedreht wird. Die Brühe fließt aus dem 300 l

[1]) Mason, A. F., Spraying, dusting and fumigating of plants. New York 1928.

[2]) Lathrop, F. H. and others, Report of the subcommittee on insecticide machinery. Ann. Rep. Journ. of econ. Entomology **20**, 1927, 223—229.

[3]) Leiby, R. W., Cold steam spraying machines. Journ. Economic Entomology. 1927, 281.

[4]) Trouvelot et Willaume, Sur un nouveau principe de pulvérisateur utilisant la chaleur comme force dynamique et activante. Revue de la Pathologie végétale et d'entomologie agricole. Paris 1925, 44.

fassenden mit Handrührer ausgestatteten Behälter in einen mit Schwimmerventil versehenen Regulator und von hier aus auf den Teller. Ausflußmenge und Druck werden durch das Schwimmerventil stets gleich gehalten. Bei einer Fahrgeschwindigkeit von 1,15 m/s dreht sich der Teller 1500 mal in der Minute. Dadurch wird die Brühe schirmartig fein verstäubt. Nach Christensen[1]) ist die Zerstäubung für Hederichbekämpfung und Kartoffelspritzung ausreichend. Auch bei der Prüfung durch die DLG. wurde sie als vollkommen befunden.[2]) Die Arbeitsbreite beträgt bei niedrigen Pflanzen 3,50, bei Kartoffeln nur 2,50 m. Die Brühe-

Abb. 40. „Kartof"-Spritze auf Zuckerrübenfeldern bei Usak (Türkei). (Bild Dr. P. Steiner.)

menge kann unabhängig von der Fahrgeschwindigkeit durch Drosseln des Zuflußrohres zwischen 500 und 900 l je Hektar bemessen werden. Der Grad der Zerstäubung ist dagegen von der Schnelligkeit der Umdrehung des Spritztellers und damit von der Fahrgeschwindigkeit abhängig. Vorteile des Geräts sind: einfache übersichtliche Bauart, Fehlen von Pumpen und Ventilen, Fortfall von Störungen durch Verstopfen, da alle Durchlässe genügend weit sind. Nachteile: ungleichmäßige Verteilung der Brühe, geringe Arbeitsbreite, Beschädigungsmöglichkeit des Tellers, erhebliches Leergewicht (400 kg), daher Bespannung mit 2 Pferden erforderlich, Unmöglichkeit der Verwendung im Obstbau, als Anstreichmaschine usw. Durch Anbringung von 2 Tellern oder Antrieb des Tellers mittels Motors lassen sich die ersterwähnten beiden Mängel vielleicht beseitigen.

V. Motorbetriebene Spritzen und Füllpumpen

Die erheblichen Mehrkosten, die durch die Hinzunahme eines Motors entstehen, müssen durch möglichst vielseitige Benutzbarkeit des Geräts tragbar gestaltet werden. Dies gilt natürlich nicht für Großbetriebe, die ein solches Gerät während

[1]) Christensen, A., und Stoubaek, P., Vaedskesprederen „Kartof". Statens Redskabprover, Beretning 49, Kopenhagen 1928.

[2]) Marks, u. a., Zerstäuber für Unkrautvernichtung der Fa. Aktieselkabet Kartof-Kopenhagen V., Westre Boulevard 37. Mitt. D. Landw.-Ges. **46**, 1931, 952—953; 2 Abb.

einer beträchtlichen Zeit des Jahres für denselben Pflanzenschutzzweck benötigen und über andere Pflanzenkulturen gar nicht verfügen. In gemischten Betrieben soll das Gerät dagegen in der Landwirtschaft, im Obstbau und, falls erforderlich, auch im Wein- oder Hopfenbau verwendbar sein. Braucht man es zunächst nur für eine Pflanzenkultur, so muß bei der Beschaffung die Möglichkeit der Verwendung für eine andere überlegt und nötigenfalls eine Ausführung gewählt werden, an der sich die erforderlichen Zusatzstücke leicht anbringen lassen. So wird man in Gebieten, in denen mit einer Invasion des Kartoffelkäfers zu rechnen ist, künftig Motorbaumspritzen, die sich mit einem Zusatzrohr zur Kartoffelkäferbekämpfung eignen, beschaffen. Die Besprechung der Motorgeräte erfolgt daher in erster Linie nach dem Typ und erst in zweiter nach dem Verwendungszweck.

In Deutschland wurde erstmals im Jahre 1904 von Obstgutbesitzer Schlösser in Büschbell bei Köln eine von der Fa. Holder zusammengestellte Motorbaumspritze verwendet.[1]) Sie bestand aus einem NSU.-Motorradrahmen mit 3 PS-Motor. An Stelle des Hinterrades war eine Riemenscheibe eingesetzt, von der aus mittels einer zweiten Riemenscheibe eine Kolbenpumpe bewegt wurde, die aus einem daneben stehenden Faß die Brühe ansaugte und mit 5 atm in die Schlauchleitungen preßte. Das Ganze war auf einem Planwagen montiert. Erst nach mehr als 20 Jahren kamen dann leistungsfähige Kleinmotorspritzen bzw. Motorfüllpumpen in den Handel, nachdem sich der zunächst für Fahrräder gebaute DKW.-Motor auch hierfür als geeignet erwiesen hatte. Große Motorfüllpumpen für den Betrieb von etwa 20 Batteriespritzen waren in Deutschland bereits um das Jahr 1912 für einige Staatsweingüter und private Großbetriebe gebaut worden.[2]) Sie kamen für kleinere Betriebe wegen ihres großen Gewichts und der hohen Anschaffungskosten nicht in Frage. Erst als die Firmen Holder und Platz im Jahre 1923 bzw. 1924 leichte Geräte zu erschwinglichen Preisen in den Handel gebracht hatten, konnte die Motorisierung der Schädlingsbekämpfung im Obst-, Wein- und Hopfenbau beginnen.[3–6]) In der Landwirtschaft bediente man sich noch lange hauptsächlich der in Kapitel IV beschriebenen pferdefahrbaren Spritzen, zumal eine allgemeine Spritzung der Kartoffeln gegen Phytophthora in Deutschland nicht durchgeführt wird. Erst als im Jahre 1937 der Kartoffelkäfer von Frankreich nach Westdeutschland einzudringen begann, erlangte die Motorspritze auch für die Landwirtschaft Bedeutung. Im Forstschutz sind Motor-

---

[1]) Schlösser, J., Rhein. Monatsschr. f. Obst-, Garten- u. Gemüsebau **25**, 1932, 5—7; 1. Abb.

[2]) Zillig, H., Die Anwendung von Motoren im Weinbau. Weinbau u. Kellerwirtschaft **5**, 1926, 9—12; 13 Abb.

[3]) Trede, J., Die Motor-Obstbaumspritzen im Altenlande. Provinzialsächs. Monatsschr. f. Obst-, Wein- u. Gartenbau **27**, 1926, 3—9; 3 Abb.

[4]) Vormfelde, Willig, u. a., Hauptprüfung von Motorfüllpumpen und Motorbaumspritzen. Mitt. D. Landw.-Ges. **43**, 1928, 637—647; 18 Abb.

[5]) Demnig, Großversuche zur Kohlschabenbekämpfung 1928. Der Obst- u. Gemüsebau **75**, 1929, 73—74; 2 Abb.

[6]) Gleisberg, W., Fahrbare Pflanzenschutzspritze für Gemüsekulturen. Der Obst- u. Gemüsebau **75**, 1929, 168—169; 6 Textfig.

spritzen nur in Amerika [1] [2]) in größerem Ausmaße verwendet worden; in Deutschland hat sich diese Bekämpfungsmethode im Forst nicht einbürgern können, obgleich es auch hier an Versuchen nicht fehlte [3]) und für diese Zwecke eine besondere Motorspritze von der Firma Altmann (jetzt F. F. A. Schulze), Berlin, gebaut wurde.

In den Vereinigten Staaten wurde die Motorisierung der Schädlingsbekämpfung bereits im zweiten Jahrzehnt unseres Jahrhunderts durchgeführt.[4]) In den dortigen Großbetrieben konnte man sich der Automobilmotoren bedienen. Hier erlangte auch die selbstfahrende Motorspritze weite Verbreitung, indem man einfach auf einen Motorlastwagen einen hölzernen Behälter von 500—1000 l Fassungsvermögen samt dem Pumpenaggregat aufsetzte und zum Betrieb der Pumpe den Automobilmotor verwendete. In Europa konnte die selbstfahrende Motorspritze bisher nur im Hopfenbau Verbreitung erlangen, weil sie für die vorhandenen Betriebsgrößen meist zu kostspielig ist und die Wege und Geländeverhältnisse vielfach ungünstig sind. Die seit dem Jahre 1937 von der Firma Holder gebaute motorfahrbare Baumspritze „Auto-Rekord", die Steigungen bis zu 60% überwindet, macht diesen Spritzentyp auch für den Obstbau nutzbar (Abb. 44). Auch in Amerika benutzt man heute noch pferdefahrbare Motorgeräte in erheblicher Zahl.

Aus der nachfolgenden Übersicht sind die zur Zeit in Deutschland gebauten Motorgeräte zu ersehen:

I. Trag- oder fahrbare Motorspritzen bzw. Füllpumpen

Pumpenhubvolumen bis	Bezeichnung	Hersteller	Motor	Leistung PS	Brennstoff-Ölgemisch	Spritzleistung je Minute bei einer Leitung l	Gewicht kg
90 ccm	Favorit I	Drescher[1])	F. & S.[3])	1,25	15 : 1	4,9	50
	Neu-Piccolo I	Holder	F. & S.	2,5	15 : 1	10,0[4])	60
	Roland II	Jacoby	F. & S.	2,5	15 : 1	11,0[4])	87
	Solo	Jacoby	F. & S.	2,5	15 : 1	9,0[4])	70
	Gnom einfach wirkend	Platz	F. & S.	2	15 : 1	6,3	53
160 ccm	Favorit II	Drescher	F. & S.	2	15 : 1	5,8	80
	Erika	Fricke[2])	F. & S.	2	15 : 1	6,3	80
	Neu-Piccolo II	Holder	ILO	4	15 : 1	12,0[4])	85
	Wotan II	Jacoby	F. & S.	2,5	15 : 1	15,0[4])	100
	Patria O	Platz	F. & S.	2,5	15 : 1	6,0	80
über 190 ccm	Favorit III	Drescher	F. & S.	5,5	15 : 1	7,5	95
	Neu-Piccolo III	Holder	ILO	5,5	15 : 1	15,0[4])	95
	Wotan V	Jacoby	F. & S.	5,5	15 : 1	15,0[4])	125
	Progreß	Jacoby	DKW	4,5	15 : 1	16,5[4])	125
	Patria I	Platz	F. & S.	5,5	15 : 1	7,5	105

[1]) Halle a. d. Saale [2]) Bielefeld [3]) Fichtel & Sachs, Schweinfurt a. Main [4]) Nach Angabe des Herstellers.

Textfußnote 1 bis 4 dieser Seite auf Seite 190.

II. Selbstfahrende Motorspritzen

Bezeichnung	Hersteller	Motor	PS	Spritzleistung je Minute l	Behältergröße normal l	Gewicht kg
Favorit	Drescher	F. & S.	6,5	30—35	200	480
Auto-Piccolo II	Holder	ILO	5,5	25	150	285
Auto-Piccolo III	Holder	ILO	6,5	25	200	420
Auto-Rekord	Holder	ILO	8	35	300—400	520
Auto-Universal	Platz	ILO	6	30	200	425

Die meisten Modelle lassen sich mit geringfügigen Änderungen auch als Motorfüllpumpen sowie zum Bespritzen von Feldern benutzen. Bei einer im Jahre 1935 seitens des Reichsnährstandes durchgeführten Prüfung einiger der angeführten Motorspritzen erwiesen sich die Motorleistungen bei allen Typen wesentlich höher als für den Druck an der Düse erforderlich war.[1]) Gallwitz war daher der Meinung, daß Kleinmotorspritzen, die nur einer Zweckbestimmung dienen, mit schwächeren Motoren ausgerüstet werden könnten. Die deutsche Spezialindustrie hat im Jahre 1937 derartige Spritzen herausgebracht. „Olympia" 1 und 2 der Fa. Platz mit 1,25- bzw. 2,5-PS-Motor, 30 bzw. 40 kg Gewicht, wird durch eine Membranpumpe betrieben, ist also die erste kolbenlose Motorspritze. Mit einem 5,5-PS-Motor ausgerüstet, kann das Gerät sogar selbstfahrbar geliefert werden. „Junior" der Fa. Holder mit 2-PS-Motor und „Motoblitz" der Fa. Jacoby mit 1,25- bzw. 2,5-PS-Motor werden mit Kolbenpumpen betrieben. Es bleibt abzuwarten, wie sich diese für kleinere Betriebe bestimmten Motorgeräte bewähren. Ganz besonders gilt dies für die Membranpumpen-Motorspritze.

Bei Geräten, die zu verschiedenen Zwecken verwendet und stark beansprucht werden, ist eine Kraftreserve zweifellos nützlich. Besonders wenn die Pumpe zum Hochdrücken von Spritzbrühe oder zum unmittelbaren Schlauchspritzen an steilen Hängen benutzt wird, sollte man wenigstens 4 PS starke Motoren wählen. Schwächere Motoren sind bei voller Beanspruchung der Leistung in wenigen Jahren verbraucht. Bei unmittelbarem Füllen oder Schlauchspritzen genügen 2,5 PS starke Motoren.

Im allgemeinen werden luftgekühlte schnellaufende Zweitaktmotoren verwendet, die meist mit der Pumpe auf einer Grundplatte montiert sind (Abb. 41). Die Kraftübertragung erfolgt mittels Zahnrädern, die bei verschiedenen Typen im Öl-

---

[1]) Falck, R., u. Heckmann, E., Anforderungen an Leistung und Beschaffenheit von Baumspritzen. Die leistungsfähigsten Baumspritzen-Typen. Forstarchiv 1929, 9 S., 361—369; 7 Abb.

[2]) Anderson, O. G., and Roth, F. C., s. Anm. S. 164 [6]).

[3]) Tschaen, Neue Wege zur Bekämpfung des Kiefernspanners. Deutsche Forst-Ztg., **44**, 1929, 660—663; 4 Abb.

[4]) Hönings, J., u. Schlösser, J., Neue Erfahrungen mit amerikanischen Motorspritzen. Deutsche Obstbauztg. 1922, 216—218; 3 Abb.

[1]) Gallwitz, K., u. a., Vergleichsprüfung von Motorspritzen für Schädlingsbekämpfung. Maschinen- u. Geräteprüfungen d. Reichsnährstandes **1**, 1936, 5—10 u. 17—19; 7 Abb.

bad laufen. Dadurch wird die Bedienung vereinfacht und das Geräusch gedämpft. Wünschenswert ist eine Ausführung des Ölbades, die weitere Schmierstellen an der Maschine überflüssig macht. Bei günstigstem Brennstoffverbrauch bewirken die Motoren ein zu rasches Laufen der Pumpen. Dies muß durch eine entsprechende Übersetzung verhindert werden. Ein selbsttätiger Drehzahlregler wird von Gallwitz als wünschenswert bezeichnet, um die Motoren bei plötzlicher Druckentlastung vor Überbeanspruchung zu schützen und die Stetigkeit des Betriebes zu gewährleisten.

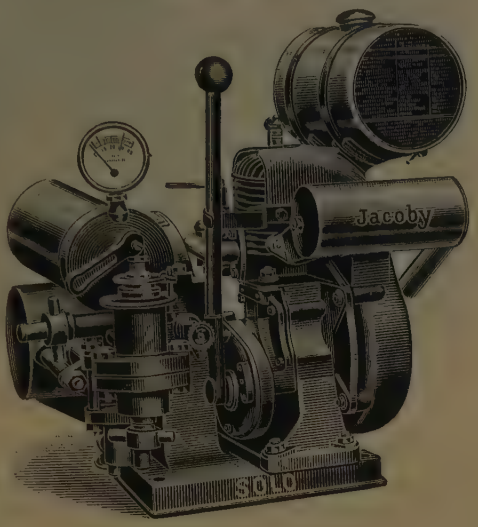

Abb. 41. Motor-Füll- und Spritzpumpe („Solo" der Firma Jacoby).

Zur Beseitigung bzw. Verminderung der auf die Zylinderwand der Kolbenpumpen treffenden schrägen Drücke, benutzt die Fa. Platz schwingende Zylinder mit Gummischlauchverbindungsstücken. Gallwitz bezeichnet diese Lösung als besonders günstig. Die Fa. Holder verwendet eine sehr starke Kurbelwelle für den Antrieb des Kolbens. Diese drückt über das mit Öl bespülte Pleuel zunächst auf einen Geradführungskolben, der in einem besonderen Führungszylinder hin- und hergleitet. Dieser Geradführungskolben übergreift den eigentlichen Pumpenzylinder. Die Fa. Fricke hat eine lange Kolbenführung und einen besonderen Führungsbock gewählt, wodurch die Bauart in die Länge gezogen wird. Holder und Platz benutzen Metallkolben mit nachstellbarer Gummimanschette, Fricke verwendet V 2 A-Stahlkolben mit elastischer Abdichtung in dem feststehenden Zylinder, Drescher Differentialkolben mit elastischer Ledermanschette, Jacoby, Spezialchromledermanschetten mit selbsttätigem Spannring.

Die Ventile sind meist als Kugelventile auf Metallsitzen hergestellt. Drescher verwendet Tellerventile mit zusätzlicher Blattfederbelastung. Auch die Ventilsitze sollen auswechselbar sein.

Im Bau der Windkessel bestehen Abweichungen. Großer Inhalt ist zur Erzielung gleichmäßigen Druckes an den Düsen wünschenswert. Andererseits steigt die Explosionsgefahr mit der Größe des Windkessels. Im allgemeinen wird er aus Messingblech geschweißt. Nur Fricke verwendet einen gegossenen Windkessel. Bei dem Windkessel von Drescher ist die Vergrößerung des Luftpolsters während des Betriebes mittels eines Luftansaughahns möglich. Der Windkessel ist zum Schutz gegen Unfälle besonders ummantelt.

Das Überdruck- oder Sicherheitsventil läßt die Brühe bei Erreichung des eingestellten Höchstdruckes in den Behälter zurückfließen. Bei Bedarf muß es die sofortige Druckentlastung von selbst ermöglichen. Es muß möglichst auf verschiedene Drücke einstellbar sein, da z. B. beim Füllen von Batteriespritzen 10 atm, beim Spritzen von Obstbäumen 20—25 atm erforderlich sind. Meist

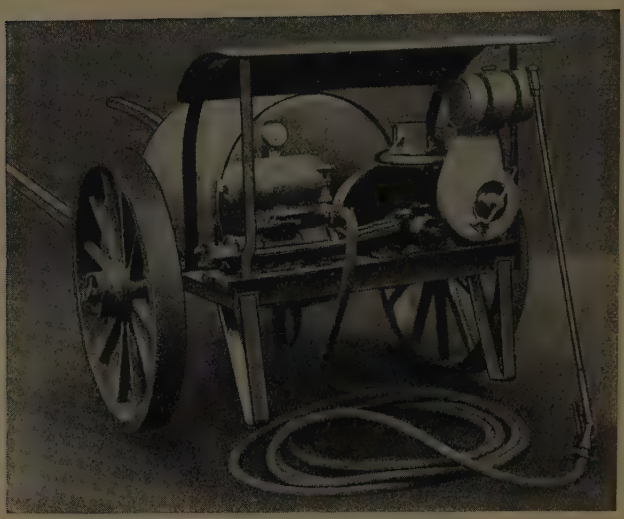

Abb. 42. Motor-Baumspritze („Erika" der Firma Fricke).

werden federbelastete Kugelventile mit Kugeln aus Stahl oder Bronze, selten aus Gummi verwendet. Die Federn liegen innerhalb des Ventilgehäuses und müssen daher durch besondere Werkstoffwahl vor Angriffen durch die Brühe geschützt sein. Nur bei der Konstruktion von Holder und Jacoby wird die Feder von der Brühe nicht erreicht. Die sofortige Auslösung geschieht durch Anheben des auf die Ventilkugel drückenden Ventilschaftes, während die Einstellung auf verschiedene Druckstufen durch verschieden starkes Spannen der Ventilfeder erzielt wird. Es muß daher Vorsorge getroffen werden, daß ein stärkeres Spannen über den höchsten Betriebsdruck unmöglich ist.

Bei allen Spritzgeräten ist leichte Zugänglichkeit der mit Brühe in Berührung kommenden Teile zwecks Reinigung wichtig. Eine Verbindung vom Überdruck-

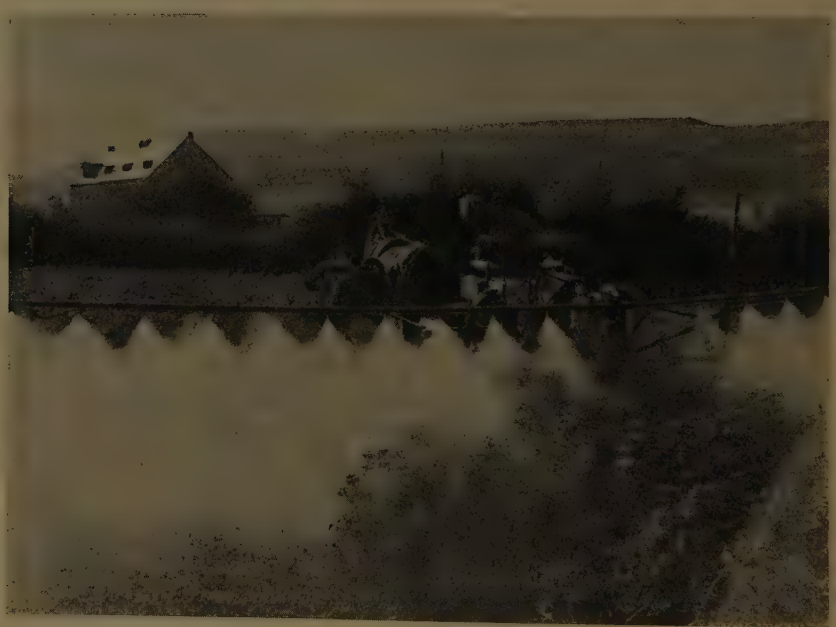

Abb. 43. Motor-Feldspritze bei der Kartoffelkäferbekämpfung (Bild KAD.).

ventil zum Behälter ermöglicht die Entleerung von Windkessel und Schlauchleitungen. Ein Absperrhahn zwischen Behälter und Saugventil ist zweckmäßig.

Abb. 44. Selbstfahrende Motor-Baumspritze („Auto-Rekord" der Firma Holder).

Eine Motorspritze gestattet:

1. Unmittelbares Bespritzen von Obstbäumen,
2. Hochdrücken von Brühe bei Bergfüll- oder Schlauchspritzanlagen,
3. Füllen von Batteriespritzen,
4. Bespritzen von Feldern,
5. Antrieb von landwirtschaftlichen Maschinen.

Je nach dem Verwendungszweck und den Betriebsverhältnissen erfolgt die Anbringung des Gerätes am Brühebehälter in verschiedener Weise:

1. Mit ihm zusammen auf einem zweiräderigen pferdebespannten Fahrgestell. Diese Ausführung kommt hauptsächlich für den Obstbau (Abb. 42), die Landwirtschaft (Abb. 43), in schmaler Form (75 cm breit) auch für den Wein- und Hopfenbau in Frage;

2. auf einem zwischen zwei Rädern hängenden absetzbaren, offenen Bottich zum Füllen von Batteriespritzen (Abb. 45);

3. auf einem Winkeleisenrahmen oder einer Grundplatte zur Befestigung auf Betonbehältern oder am Brühewagen (Abb. 41 u. 46);

Abb. 45. Motor-Füllpumpe auf fahrbarem Bottich (Bild Holder).

Abb. 46. Motor-Füllpumpe „Gnom" einfachwirkend der Firma Platz).

Abb. 47. Motor-Füllpumpe („Patria 1" der Firma Platz).

4. auf einem gesonderten Karren, der an den Wagen angehängt wird (Abb. 47).

Für den Obstbau sind die Spritzen mit zwei normal 10 m langen Schläuchen und Hochdruckspritzrohren (s. Zubehörteile), für die Landwirtschaft mit einem abnehmbaren Düsenquerrohr von etwa 6 m Länge mit etwa 13 Düsen ausgestattet. Die Spurweite kann bei den in der Landwirtschaft benutzten Spritzen geändert werden.

Zum Füllen des Behälters aus Wassergräben usw. verwendet man einen Injektor, mit dem durch einen 10 m langen Saugschlauch von 25 mm lichter Weite innerhalb 1 Minute nahezu 100 l Wasser eingesaugt werden können. Dies kommt für Brühen, die im Behälter selbst angemacht werden können, in Frage.

Das Aufrühren der Brühe während der Arbeit geschieht meist mittels Propellern, die von der Pumpe angetrieben werden.

Nach amerikanischem Muster hat man auch in Deutschland versucht, den Brühebehälter selbst fahrbar zu gestalten, indem man ihm die Form eines schmalen liegenden Zylinders gab. Man wollte damit das Fahrgestell ersparen und gleichzeitig eine kräftige Durchmischung der Brühe erreichen. Da der Schwerpunkt der Maschine über der Achse lag, fiel sie leicht um und war schwer beweglich, so daß sich die beabsichtigte Verwendung im Weinbau nicht ermöglichen ließ. Das gleiche galt von einer auf einem Schlitten montierten Motorspritze, die mittels einer Motorseilwinde zwischen den Rebzeilen hochgezogen werden sollte. Schon das hohe Gewicht gestaltete die Benutzung unwirtschaftlich. Hinzukam die Gefährdung der Pflanzen durch die heißen Auspuffgase des Motors.

Die amerikanischen pferdefahrbaren Motorspritzen zeigen in Anpassung an die dortigen Betriebsverhältnisse größere Abmessungen bei Motorstärken von 4—36 PS. Die hölzernen Brühebehälter von 500—1000 l Inhalt haben die Form eines Halbzylinders. Der entstandene Podest wird häufig als erhöhter Standpunkt für den Spritzer ausgenutzt. Die Arbeitsbreite der im Feldbau verwendeten Maschinen geht bis 6,50 m bei 24 Düsen und einem Druck von 30 atm. Das Leergewicht eines solchen Gerätes beträgt über 1000 kg (Abb. 48). In Deutschland bauen die Firmen Platz und Holder Motorspritzen von derartigen Abmessungen. Die Motorbaumspritze „Motor-Rapid" der Fa. Platz mit 25 atm Betriebsdruck und einem 1000 l fassenden Holzbehälter leistet mit einem 6-PS-DKW.-Motor 40 l, mit einem 8-PS-DKW.-Motor und zwei doppeltwirkenden Pumpen 65 l in der Minute (Abb. 49). Holder liefert für die Bespritzung von Straßenbäumen eine Motorbaumspritze mit 2000 l Behälter und 6fach wirkender Pumpe, die von einem 10-PS-ILO.-Motor mit automatischem Drehzahlregler getrieben wird.

Durch den Antrieb der Radachse wird der Motor erheblich stärker beansprucht als bei einer pferdefahrbaren Motorspritze, so daß die Kühlung besondere Aufmerksamkeit verdient. Wasserkühlung ist wegen der Erhöhung des Gewichts zu vermeiden. Bei dem Gerät von Drescher wird Oberflächenkühlung, bei denen von Holder und Platz Luftkühlung mit Ventilator benutzt. Die Absicht einer deutschen Firma, die Brühe selbst zur Kühlung zu benutzen, bewährte sich nicht, weil manche Brühen durch Erwärmung in ihrer Beschaffenheit geändert werden und sich Brüheteilchen im Kühlmantel absetzen können.

Abb. 48. Große Motorbaumspritze (Firma John Bean Mfg. Co., San José, Cal. and Lansing, Mich.) (Bild Kniepkamp).

Abb. 49. Motorspritze (Platz) mit Hochdruckspritzrohren bei der Kartoffelkäfer-Bekämpfung (Bild Haupt).

In den Vereinigten Staaten werden selbstfahrende Motorspritzen in großem Umfange verwendet.[1]) Als Beispiel sei der Motor-Truck-Potato-Sprayer der Firma John Bean Manufacturing Co., San José, genannt. Ein vierräderiges Automobilchassis trägt einen 1150 l fassenden Behälter und Spritzgestänge mit 24 Düsen für 8 m Breite. Der Motor, der gleichzeitig dem Fahrantrieb dient, erzeugt einen Druck von 30 atm.

Ein Spritzgerät, das mit jedem Automobil- oder Traktor-Motor betrieben werden kann, hat Lindbaum unter dem Namen „Acos" beschrieben.[2]) Durch Auswechseln eines Zündstiftes gegen einen Kompressorstift wird ein Zylinder des Motors in einen Luftkompressor verwandelt. Die Druckluft wird in einen geschlossenen Behälter von 300 l Inhalt geleitet, so daß die Brühe mit 6—7 atm ausströmt. Dieser Druck ist für den Obstbau, für den die Maschine gedacht ist, zu gering, wiewohl der Kraftaufwand unwirtschaftlich groß ist. Die Maschine ist daher nur in wenigen Stücken in der Umgebung von Stockholm zur Verwendung gekommen.

VI. Schlauchspritzeinrichtungen

Als etwa vom Jahre 1927 an Gummischläuche mit Hanfeinlagen, die einen Druck von 30 atm aushalten, sog. Druckschläuche, zu erschwinglichen Preisen (etwa 2.— ℛℳ je Meter bei 13 mm lichter Weite) in den Handel kamen und die erforderlichen Motorpumpen zur Verfügung standen, waren neue Möglichkeiten der Spritztechnik gegeben. Wenn es sich hierbei auch nur um eine Ausnutzungsmöglichkeit der Motorfüllpumpen handelt, so soll die Verwendung des Druckschlauches doch in einem besonderen Kapitel dargelegt werden, weil sie einen umwälzenden Fortschritt bedeutet.

Folgende Verwendungsmöglichkeiten haben sich in Deutschland in geschichtlicher Reihenfolge ergeben[3]):

1. Bergfüllanlagen

Sie ersparen das mühsame Hochschleppen der Brühe an steilen Berghängen und wurden im deutschen Weinbau etwa vom Jahre 1928 an benutzt.[4]) [5]) Eine Bergfüllanlage besteht aus einer mit wenigstens 4 PS starkem Motor ausgerüsteten Motorfüllpumpe, die an der günstigsten Anfuhrstelle für die Spritzbrühe, meist also am Fuß des Berges zur Aufstellung kommt. Die aus dem Behälter angesaugte Brühe wird durch den bis zu 200 m langen, aus Teilstücken von etwa 30 m Länge zusammengekuppelten Druckschlauch bis zu 100 m senk-

[1]) Burgeß, A. F., Die neuere Bekämpfung des Schwammspinners und Goldafters in Amerika. Anz. f. Schädlingskunde **5**, 1929, 77—80; 4 Abb.

[2]) Lindbaum, A., Ein neuer Spritzapparat für Motorbetrieb. Landwirtschaftliche Versuchsanst. Stockholm, Flugbl. Nr. 130, April 1928.

[3]) O. V., Handbuch über das Schlauchspritzen in der Schädlingsbekämpfung, hrsg. von der Fa. Carl Platz, Ludwigshafen/Rh. (1938).

[4]) Gräter, F., Eine Verbesserung der Batteriespritze. Der Deutsche Weinbau **28**, 1929, 233—235; 3 Abb.

[5]) Rauh, Versuche mit Terrassen-Spritzanlagen an der Unter-Mosel 1930. Der Deutsche Weinbau **9**, 1930, 547—549.

rechter Überhöhung emporgepreßt und dort unmittelbar in die Batteriespritzen gefüllt. Je 10 m Höhenunterschied beanspruchen 1 atm und $\frac{1}{4}$ atm für Reibungsverlust. Bei 100 m Überhöhung muß das Sicherheitsventil an der Pumpe also auf 20—23 atm eingestellt sein, um am oberen Ende des Schlauches Batteriespritzen noch mit 8 atm füllen zu können. Da sich die erforderliche Druckleistung je nach der Höhe ändert, benutzt man zum Füllen der Batteriespritzen auf dem Rücken des Arbeiters einen Bergfüllanschluß. Hierzu ist ein Arbeiter nötig. Ein Bedienungsmann für die Pumpe ist während des Füllens entbehrlich, da das Sicherheitsventil bei dem eingestellten Höchstdruck von selbst in Tätigkeit tritt. Werden Kolbenspritzen verwendet, so kann der Höhenunterschied etwa 150 m betragen, da die Spritzbrühe dann am oberen Ende des Schlauches ohne Überdruck ausfließen kann.

Besteht der Brühebehälter aus einem alten Faß, so wird das Aufrühren mittels der an der Füllpumpe angebrachten Luftpumpe und des Überdruckschlauches bewirkt. Man hängt dann den Saugschlauch in das oben am Faß vorhandene Spundloch ein, während Luft- und Rücklaufschlauch durch nahe am vorderen und hinteren Faßende oben eingebohrte, beim Fahren mit Stopfen verschlossene Löcher eingeführt werden. Zudem rührt man ab und zu die Brühe mit einer an einem Holzstab befestigten Rührkette auf.

Wo es die Wege gestatten, kann die Füllpumpe auch oben oder mitten im Weinberg aufgestellt werden, so daß sich der erforderliche Kraftaufwand und damit die Einstellung des Höchstdrucks entsprechend vermindern. Auch horizontal verlegte Schlauchleitungen lassen sich in gleicher Weise zum Füllen von Batteriespritzen verwenden. Da hierbei die Druckleistung für den Höhenunterschied in Wegfall kommt, können horizontal oder abwärts verlegte Schlauchleitungen etwa 300 m lang sein. Im Hinblick auf den Arbeitsaufwand für Verlegung und Beförderung des Schlauchmaterials benutzt man im Weinbau jedoch nur bis 200 m lange Leitungen von 15 mm lichter Weite. Der Schlauch wird bei Beendigung der Arbeit auf einer Haspel aufgerollt.

2. Schlauchspritzen mit Verteilungsgerüst

Weinbaudirektor Dr. Decker führte dieses Verfahren im Jahre 1928 auf dem Staatsweingut Niederhausen an der Nahe ein. In den folgenden Jahren wurde es hier und auf den Staatsweingütern im Bezirk Trier weiterentwickelt. Die Brühe wird hierbei nicht mehr mit Spritzen, sondern unmittelbar vom Schlauch aus auf die Reben aufgebracht. Der Zuführungsschlauch wird auf einem quer zu den Rebzeilen verschiebbaren Gerüst befestigt, von dem in jede Zeile Verteilungsschläuche mit Strahlrohren und Düsen herabhängen. Die Füllpumpe wird meist oben angesetzt und mit einer Seilwinde, auf der der Zuführungsschlauch auf und abgerollt wird, gekuppelt. Das Gerüst wurde zunächst an beiden Enden auf Rädern befestigt und mit Hilfe eines Drahtseils bzw. des Schlauches mechanisch auf- und abwärts bewegt (Abb. 50). Hierbei konnte der Form und Größe der Stöcke nicht Rechnung getragen werden, so daß die Brühe nicht gleichmäßig auf allen Reben zur Verteilung kam. Man ging daher bald zu der halbmechanischen Spritzung über (Abb. 51). Hierbei werden die an den Verteilungsschläuchen

hängenden Strahlrohre in jeder Zeile von einem Arbeiter bedient, der also den Spritzstrahl in der bei jedem Rebstock erforderlichen Weise lenken kann. Die Länge der Verteilungsschläuche gestattet ein versetztes Gehen, um den Arbeiter vor übermäßiger Beschmutzung mit Brühe aus der benachbarten Zeile zu schützen und ihm längeres Verweilen an einem Stock zu ermöglichen. Das Verteilungsgerüst besteht aus Stahlrohren, die jeweils drei Rebzeilen überbrücken und von dem mittleren Arbeiter an einem tornisterartigen Gestell getragen werden. Das senkrechte Tragrohr kann in diesem Gestell je nach der Höhe der Rebstöcke verschoben werden. Die beiden in der ersten und dritten Zeile gehenden Arbeiter führen nur das am Verteilungsschlauch hängende Strahlrohr und wechseln

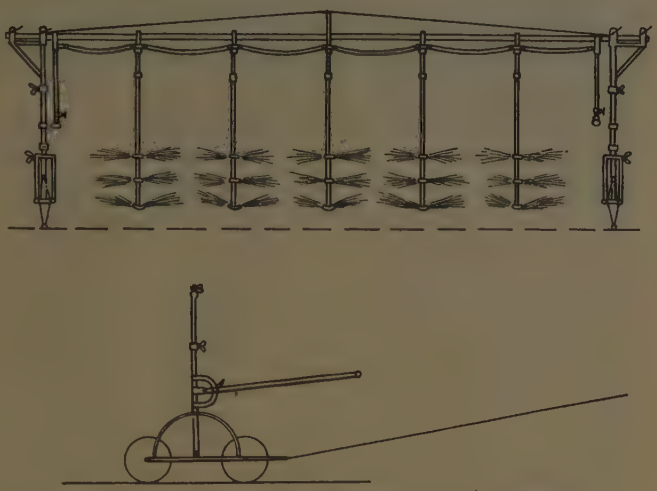

Abb. 50. Vollmechanisches Verteilungsgerüst zum Schlauchspritzen.

Abb. 51. Halbmechanisches Verteilungsgerüst zum Schlauchspritzen im Weinberg (Bild B. R. A.).

Abb. 52. Schlauchhaspel für Handbetrieb (Bild B. R. A.).

nach Bedarf mit dem mittleren Arbeiter ab. Dieser ist übrigens nicht stärker belastet als beim Tragen einer leeren Rückenspritze. Die Bespritzung der Zeilen erfolgt zweckmäßig in einem Arbeitsgang von beiden Seiten, indem der Arbeiter den Strahl abwechselnd nach der linken oder rechten Rebe lenkt. Da die Brühe durch 1 mm weite Düsen mit einem ständigen Druck von 10 atm nebelartig versprüht wird, ist der Verlust an Brühe und Zeit, der durch das Hin- und Herbewegen des Strahlrohres zwischen den Zeilen entsteht, unbedeutend. Die Benutzung eines Kreuzstückes zwecks gleichzeitiger Bespritzung der beiden Rebzeilen würde die individuelle Behandlung verschieden großer Stöcke unmöglich machen und den Arbeiter durch die Gewichtserhöhung rasch ermüden.

Bis zu drei Schlauchgerüste lassen sich bequem durch den Zuführungsschlauch verbinden, so daß also mit 3, 6 oder 9 Spritzern gleichzeitig die entsprechende Anzahl von Rebzeilen behandelt werden kann. Der Zuführungsschlauch ist am Ende des Schlauchgerüstes angekuppelt und wird auf einer von Hand oder mit dem Füllpumpenmotor betriebenen Schlauchhaspel auf- und abgerollt (Abb. 52). Um die Beanspruchung des bis 150 m langen Schlauches durch Zug auszuschalten, wird an ihm ein 5—7 mm dickes Drahtseil festgebunden. Je nach der Zahl der Spritzer wählt man den Druckschlauch in 10—13 mm lichter Weite. Sobald die Spritzer am Ende des Weinbergs angekommen sind, schwenken sie um 200° nach der Gegenseite des Zuführungsschlauches und behandeln die nächsten 3—9 Rebzeilen in entgegengesetzter Richtung. Erst wenn die Zeilen auf der anderen Seite des Schlauches ebenfalls gespritzt sind, wird er abgekuppelt und samt Füllpumpe

und Haspel um die erforderliche Zahl von Rebzeilen nach der Seite verschoben, während auch die Arbeiter entsprechend weiterrücken.

Nach den auf dem Staatsweingut Avelsbach bei Trier gemachten Feststellungen können mit 9 Spritzern, 1 Schlauchführer und 1 Motorführer in 8 Arbeitsstunden unter Verwendung eines 5-PS-Motors 2 ha Reben (etwa 16000 Stöcke) bei einem Brüheverbrauch von 6—8 cbm je Hektar gespritzt werden.

Die Vorteile des Spritzens mit Schlauchgerüst gegenüber der Anwendung von rückentragbaren Spritzen sind:

1. Ersparung von etwa 50% an Zeit und Arbeitslohn;
2. nebelartige Versprühung unter ständig gleichbleibendem Druck, daher gleichmäßige, sparsame Brüheverteilung. Bei der Bekämpfung der Traubenwickler kann auch mit Selbstschlußdüsen gearbeitet werden;
3. geringere Ermüdung des Arbeiters, dadurch bessere Spritzarbeit.

Als Nachteile sind zu beachten:

1. Die Anwendung kann nur in geraden oder nahezu geraden Rebzeilen und in Flächen erfolgen, die nicht durch Mauern unterbrochen sind. Sie lohnt sich erst bei Größen von wenigstens $\frac{1}{4}$ ha, kommt also für die kleinen häufig nicht zeilengeraden Parzellen des Kleinwinzers nicht in Frage. Zweckmäßig sind Zeilenlängen von 60—90 Stock, da man dann mit einem Schlauchführer auskommt.
2. Infolge der nebelartigen Verstäubung der Spritzbrühe werden die Kleider der Arbeiter allmählich von dieser durchnäßt. Wasserdichte Spritzanzüge

Abb. 53. Halbmechanisches Verteilungsgerüst zum Schlauchspritzen in der Rebschule (Bild B. R. A.).

sind nicht brauchbar, da sie die bei den hohen Temperaturen starke Transpiration des Körpers verhindern. Man muß den Arbeitern daher ein Wechseln der Kleider ermöglichen bzw. für Ablösung sorgen.

3. Durch den hohen Druck werden die Düsenplättchen von 1 mm Durchmesser innerhalb von 3—4 Tagen auf 1,5 mm ausgeweitet und müssen ersetzt werden.

Das Spritzen mit Schlauchgerüst hat sich bisher in Weinbergen und Rebschulen bewährt (Abb. 53). Es dürfte auch für andere Reihenkulturen mit nicht mehr als 3 m Höhe vorteilhaft sein. Bei der Bekämpfung des Kartoffelkäfers auf großen Schlägen würden damit nicht die Schäden eintreten wie bei Verwendung der schweren pferdefahrbaren Spritzen.

3. Unmittelbares Schlauchspritzen

Hierzu sind erforderlich: eine Füllpumpe, ein Zuführungsschlauch und Verteilungsschläuche für die Spritzbrühe samt Strahlrohren und Düsen (Abb. 54). Es wird also wie bei dem unter 2. beschriebenen Verfahren das Tragen der Brühe erspart. Im Gegensatz dazu kann das unmittelbare Schlauchspritzen aber auch in parzellierten und von Mauern durchzogenen Weinbergen angewendet werden. Im Jahre 1930 wurden im Moselweinbau die ersten Versuche damit unter Verwendung von Motorgeräten[1]), im Jahre 1936 auch mit Handfüllpumpen gemacht.[2])

Für die Verwendung von Motorgeräten gelten die gleichen Voraussetzungen wie bei dem Spritzen mit Schlauchgerüst. Statt dessen wird die Brühe durch 2—4 je etwa 7 m lange Abzweigschläuche verteilt. Der Durchmesser des Zuführungsschlauches (10—13 mm) richtet sich nach der Länge und der Anzahl der Abzweigschläuche, die eine Weite von 6—8 mm aufweisen. Die Kupplung der Schläuche mit Bajonettverschlüssen erfordert nur einen Handgriff. Das Auslegen nimmt also nicht mehr Zeit in Anspruch als das Füllen und Emportragen von 2 bis 4 Batteriespritzen. Am Ende der Abzweigschläuche werden 80 cm lange Strahlrohre mit schwach nach aufwärts gebogener Düse von 1 mm lichter Weite aufgeschraubt. An Stelle eines Absperrventils setzt man zweckmäßig einen Selbstschlußhahn samt Filtriersieb ein, der eine augenblickliche Unterbrechung des Spritzstrahls beim Übergang von einer Rebe zur anderen gestattet. Das dauernde Herabdrücken des Hebels am Selbstschlußhahn wird durch einen Stellschieber erspart. Für jede Abzweigleitung ist ein Spritzer, für die Bedienung der Pumpe und die Verschiebung des Zuführungsschlauches eine weitere Arbeitskraft erforderlich. Als Spritzer können ebenso wie bei dem unter 2. beschriebenen Verfahren auch schwächliche Leute (Frauen) verwendet werden. Da die vollwertigen Arbeitskräfte eines Betriebes zur raschen Durchführung der Schädlingsbekämpfung meist nicht ausreichen, ist dieser Vorteil besonders beachtenswert. Die Spritzer können vom Zuführungsschlauch abgehend so viele Reben seitlich spritzen, als die Länge des Abzweigschlauches gestattet. Alsdann gehen die

[1]) Leimbrock, Versuche über Zeitersparnis bei den Spritzarbeiten unter Verwendung von Schläuchen. Der Deutsche Weinbau **10**, 1931, 201—204.

[2]) Zillig, H., Fortschritte in der Technik der Rebschädlingsbekämpfung. Der Deutsche Weinbau **17**, 1938, 241—243; 5 Abb.

Spritzer mit dem Abzweigschlauch zurück zum Zuführungsschlauch, der nun entsprechend verlängert oder verkürzt wird, um die nächst obere oder untere Zeile bespritzen zu können. Im allgemeinen wird mit zwei Abzweigschläuchen, also zwei Spritzern gearbeitet. Mittels eines Kreuzstückes lassen sich aber weiter unten zwei weitere Abzweigschläuche anbringen. Im Drahtbau müssen die Abzweigschläuche länger gewählt werden, um bis zur Mitte des zwischen zwei Durchgängen stehenden Drahtgerüstes spritzen zu können.

Abb. 54. Kleine Schlauchspritzeinrichtung mit Motorpumpe (Bild Jacoby).

Mit Handfüllpumpen kann bis 40 m Überhöhung, bis 150 m horizontal oder bis 200 m abwärts gearbeitet werden. Als Windkessel schaltet man zwischen Pumpe und Zuführungsschlauch eine Batteriespritze, die zunächst mit 6 atm Luft gefüllt wird. Durch sie preßt man dann mit einer leistungsfähigen Handpumpe die Brühe in die Schlauchleitung, die bei 40 m Überhöhung noch mit etwa 5 atm Druck austritt. Die Pumparbeit kann bei kurz gestelltem Kolbenhebelgelenk ohne wesentliche Anstrengung geleistet werden, sofern nur mit einer, höchstens zwei Abzweigleitungen gearbeitet wird. Der Zuführungsschlauch darf nur 10 mm weit sein. Handpumpen mit angebautem Windkessel erfordern mehr Pumparbeit und sind daher ungeeignet. An der Mosel wird diese Spritzmethode seit dem Jahre 1936 von Kleinwinzern in zunehmendem Maße benutzt.

Die in Kapitel III beschriebenen Karrenspritzen lassen sich in ähnlichem Ausmaße zum unmittelbaren Bespritzen von Reben und anderen Pflanzen verwenden. In ebenem geeigneten Gelände kann man damit zwischen den Reben hindurchfahren und mit kurzen Schlauchleitungen auskommen. Es erscheint dies aber nur dort vorteilhaft, wo man die Brühe in unmittelbarer Nähe herstellen kann. Sonst müßte man sie aus dem Beförderungsfaß jeweils wieder in die Karrenspritze umfüllen, während sie bei dem oben beschriebenen Verfahren unmittelbar aus diesem gesaugt wird.

VII. Zubehörteile von Spritzgeräten

Da an den verschiedenen Spritzentypen gleichartige Düsen, Strahlrohre usw. verwendet werden, erfolgt deren Besprechung in einem besonderen Kapitel.

1. Düsen

Eine Düse, welche die Spritztröpfchen auf der Fläche völlig gleichmäßig verteilt, gibt es noch nicht. Die heutigen Düsen streuen kegelförmig, so daß ein mehr oder minder großer Hohlraum entsteht. Eine Ausnahme hiervon bilden nur die Hochdruckbaumdüsen, sofern sie auf schmalen, langen Spritzstrahl eingestellt sind. Die Brühetröpfchen sind aber dann

entsprechend größer. Durch ständiges Bewegen des Spritzrohres muß eine gleichmäßige Bespritzung bewirkt werden. Doppeldüsen, die man in einem Winkel von etwa 30° zueinander einstellt, oder zwei an einem Bogenstück in etwa 10 cm Entfernung angebrachte „Gabeldüsen" ermöglichen durch Überschneidung der Spritzkegel eine gleichmäßigere Verteilung der Brühe auf der Fläche und werden daher beim Spritzen von Rebspalieren und Kartoffelfeldern häufig verwendet. Die Verteilung wird allerdings durch die Vereinigung von Tröpfchen an der Überschneidungslinie und das Entstehen großer Tropfen wieder beeinträchtigt.

Abb. 55. Eicheldüse.

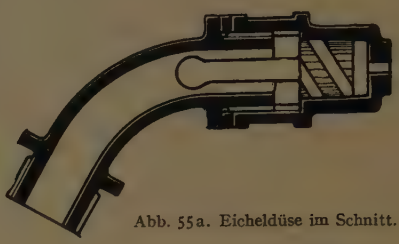

Abb. 55a. Eicheldüse im Schnitt.

Abb. 56. Plättchendüse.

Abb. 57. Doppeleicheldüse.

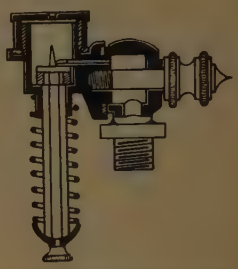

Abb. 58. Nadeldüse im Schnitt.

Abb. 59. Ungarische Düse.

Abb. 60. Fächerdüse.

Abb. 61. Regulierbare Baumdüse.

Eine feine Versprühung der Brühe wird im allgemeinen durch den Unterschied zwischen Düsen und Strahlrohrquerschnitt und gewundene Leitungsgänge in der Düse erreicht. Zur Reinigung wird der Kopf der Düse abgeschraubt und der meist vorhandene Einsatz herausgenommen.

Die weitverbreitete Eicheldüse (Abb. 55) ist in den letzten Jahren mehr und mehr durch die Flachdüse mit Einlegeplättchen aus nichtrostendem Stahl (Abb. 56) verdrängt worden. Da sich die Düsen durch feste Brüheteilchen rasch ausschleifen, braucht bei der Flachdüse nur das Plättchen ersetzt zu werden, während bei der Eicheldüse ein neuer Kopf erforderlich wird. Eichel- und Plättchendüse werden auch mit rechtwinkligem Bogenstück hergestellt und können dann in verschiedenem Winkel zum Spritzrohr eingestellt werden (Abb. 57). Dies ist auch bei der Nadeldüse (Abb. 58) möglich. Sie hat dort noch Bedeutung, wo reiner Spritzkalk bei der Verwendung von Kupferkalkbrühe nicht zur Verfügung steht. Durch Druck auf die Nadel lassen sich Verunreinigungen aus der Düse leicht entfernen. Gegenüber

den besprochenen Düsen hat sie den Nachteil höheren Gewichts und Preises. Sämtliche erwähnten Düsen werden auch als Doppeldüsen geliefert. Die ungarische Düse (Abb. 59), die einen breiten Streukegel ermöglicht, hat sich infolge hohen Gewichts und Preises im deutschen Weinbau nicht einbürgern können. Das gleiche gilt für Düsen mit eingebautem Sieb. Geringes Gewicht der Düse erleichtert die Handhabung des Strahlrohrs und verhindert eine rasche Ermüdung des Arbeiters.

Für besondere Zwecke sind verschiedenartige Düsen im Handel. Die Fächerdüse (Abb. 60) gestattet in verschiedener Ausführung eine fächerförmige Verteilung der Spritzbrühe und kommt vornehmlich für den Obstbau in Frage. Die regulierbare Baumdüse (Abb. 61) ist zur Schonung der Äste mit einem Teller versehen und ermöglicht den Spritzstrahl breit oder lang einzustellen.

2. Spritzrohre

Die auch als Strahlrohre oder Lanzen bezeichneten Messingrohre an den Rückenspritzen müssen etwa 90 cm lang und vorn mit einem Bogenstück versehen sein, falls die Düse nicht drehbar ist (Abb. 62). Auf diese Weise wird die Bespritzung der Blattunterseiten möglich

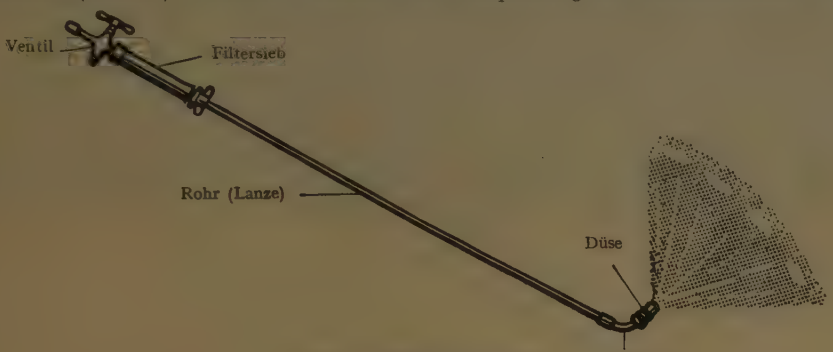

Abb. 62. Strahlrohr mit Düse.

Abb. 63. Zangenrohr.

Abb. 64. Selbstschlußdüse mit Filtersieb im Schnitt.

Abb. 65. Hochdruckspritzrohr.

und die Belästigung des Arbeiters durch den Spritzstrahl vermindert. Zangenrohre (Abb. 63) bieten bei der Spritzung niedriger Pflanzenreihen, z. B. in Rebschulen, Vorteile.[1]) Zwischen

[1]) Rodrian, Ein Beitrag zur praktischen Bekämpfung der Milben und Kräuselkrankheit der Reben. Der Deutsche Weinbau **11**, 1932, 89—90.

Abb. 66. Hochdruckspritzrohre mit verstellbarer Düse.

Abb. 67. Motor-Feldspritze.

Schlauch und Strahlrohr sind gewöhnlich ein Filtersieb und ein Absperrventil eingebaut. Ventile mit Leder- oder Gummidichtung haben sich besser bewährt als kegelförmige Messinghähne, die rasch undicht werden. Das Ventil erfordert andererseits beim Öffnen und Schließen mehr Zeitaufwand. Bei Hochdruckspritzen, die mit Schlauchentlastungshahn versehen sind, ist eine Absperrvorrichtung zwischen Schlauch und Spritzrohr unnötig. Ein Filtersieb kann entbehrt werden, sofern die Brühe keine gröberen Teilchen enthält.

Muß der Spritzstrahl häufig unterbrochen werden, um beim Übergang von einer Pflanze auf die andere Spritzbrühe zu sparen, wie es z. B. beim Duschen der Trauben mit den teuren Nikotinbrühen im Weinbau vorkommt, so benutzt man Selbstschlußdüsen (Revolververstäuber) (Abb. 64). Die Brühe tritt bei diesen nur während des Niederdrückens eines Hebels aus. Durch Anbringung eines Feststellschiebers läßt sich die Ermüdung der Hand bei längerem Niederdrücken vermeiden.

Im Obstbau verwendet man Strahlrohre mit Holzgriff, die rechtwinklig an den Zuführungsschlauch angeschraubt werden. Wo diese nicht ausreichen, wird an Stelle des Strahlrohres ein Bambusrohr mit Messingrohreinlage von 1,50—5 m Länge auf den Schlauch aufgeschraubt. Besonders die langen Bambusrohre sind unhandlich.

Bei der Einführung von Motorspritzen in den Obstbau konnte man infolge des höheren Drucks zu 60—200 cm langen Hochdruckspritzrohren, die zunächst in Amerika gebaut wurden (Abb. 65), übergehen. Sie gestatten den Spritzstrahl durch Druck auf einen Hebel bis etwa 1 m breit oder bis etwa 12 m lang zu gestalten (Abb. 66).

Die Düsenrohre der Feldspritzen mit Antrieb vom Laufrad oder mit Motorantrieb haben meist eine Arbeitsbreite von 5,50 bis 6 m bei 12 bis 15 Düsen. Abb. 67 zeigt ein versuchsweise mit 32 Düsen ausgerüstetes Verteilerrohr für 15 m Breite, das sich als zu groß erwies.

3. Schläuche

Verbindungsschläuche an Rückenspritzen müssen mindestens 80 cm lang sein, um gute Beweglichkeit des Spritzrohrs zu gewährleisten. Die Befestigung der Schläuche erfolgt mittels Schlauchklemmen. Die Umwicklung mit Draht hat sich nicht bewährt, weil dieser bald rostet und an Knickstellen Beschädigungen des Schlauches bewirkt.

Über Hochdruckschläuche, wie sie für Schlauchleitungen und beim unmittelbaren Spritzen verwendet werden, finden sich in Kapitel VI nähere Angaben.

VIII. Geräte und Anlagen zur Herstellung und Verteilung von Spritzbrühe

Das Anteigen pulverförmiger, giftiger Pflanzenschutzmittel, z. B. Schweinfurtergrün, ist zeitraubend und wegen des Stäubens unangenehm für den Arbeiter. Die Fa. Holder hat daher einen einfachen Mischapparat „Top" in den Handel gebracht[1]), der wohl nur deswegen keine große Verbreitung erlangte, weil der Pflanzenbauer den Wert derartiger Geräte nicht zu schätzen weiß. In einem Metallzylinder, dessen Deckel mittels Flügelschrauben rasch zu verschließen ist, kann eine durchlöcherte Metallplatte mittels einer durch den Deckel gesteckten Stange auf- und abbewegt werden. Der Zylinder wird zu etwa zwei Dritteln mit Wasser gefüllt und dann die dem Volumen entsprechende Pulvermenge zugegeben oder umgekehrt.

Nach mehrmaligem Bewegen der Mischplatte ist die Aufschlämmung des Pulvers erfolgt und kann in den Mischbehälter eingegossen werden.

---

[1]) Zillig, H., Versuche mit neueren Apparaten zur Schädlingsbekämpfung im Weinbau. Weinbau u. Kellerwirtschaft **3**, 1924, 59—61; 7 Abb.

Zum Ansetzen von Spritzbrühe benutzt man im allgemeinen Behälter aus Holz oder Beton, für kleine Mengen Glas- oder Emaillegefäße. Eiserne Behälter würden stark angegriffen, durch Kupfersulfatlösung bei der Herstellung von Kupferkalkbrühe rasch zersetzt. Die Anordnung der Behälter wird so gestaltet, daß der eine Bestandteil zum anderen mit natürlichem Gefälle gelangt. Um einen Hahn in dem höher gelegenen Bottich zu ersparen, läßt man diesen über den

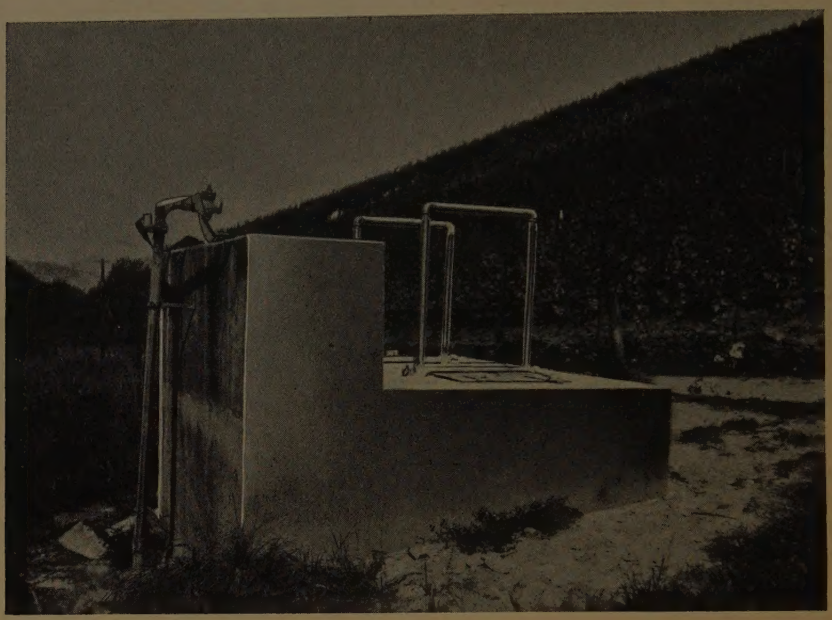

Abb. 68. Spritzbrühemischanlage (Tagesleistung an Kupfervitriolkalkbrühe 40 cbm).

darunterstehenden übergreifen und die Lösung durch ein am Boden des oberen Behälters angebrachtes Loch, das mit einem konischen Gummistopfen verschlossen wird, zufließen. Der im oberen Teil hohle Gummistopfen wird durch einen eingesteckten Holzstab bedient. Diese Handhabung ist besonders für Kupfervitriolbehälter zu empfehlen, da auch Messing- oder Rotgußhähne durch die Kupfersulfatlösung allmählich angegriffen werden.

Wo Kupferkalkbrühe hergestellt werden soll, müssen die Mischanlagen aus dem Lösungsbehälter für Kupfervitriol und dem Mischbehälter, in dem die Kalkmilch angesetzt wird, bestehen. Den Lösungsbehälter hat man früher halb so groß gewählt wie den Mischbehälter. Man kann aber bis zu 20% konzentrierte Kupfervitriollösung ohne Beeinträchtigung der Beschaffenheit der Brühe in eine entsprechend verdünnte Kalkmilch einfließen lassen und dann den Lösungsbehälter wesentlich kleiner gestalten. Da andererseits die Zeit für die Lösung mit der Konzentration steigt, empfiehlt es sich, nicht unter ein Fünftel der Größe des Mischbehälters mit dem Lösungsbehälter zu gehen, also nicht mehr als 5%ige Kupfervitriollösung zufließen zu lassen. Man muß dann also vier Fünftel des Mischbehälters mit Kalkmilch füllen und ein Fünftel 5%iger Kupfervitriol-

(Fortsetzung von der 2. Umschlagseite)

Dies veranlaßte mich schon vor Jahren zu dem Entschluß, das „Handbuch" um einen Band zu erweitern, der alle diese Belange in einer übersichtlichen Darstellung behandelt. Der Inhalt eines solchen Bandes muß neben der wirtschaftlichen Bedeutung des Pflanzenschutzes zunächst eine ausführliche Darlegung seiner Aufgaben bringen, die einerseits die Verhütung des Auftretens von Pflanzenkrankheiten und -schädlingen (Hygiene) und andererseits ihre Bekämpfung (Therapie) umfassen. Unter Hygiene fallen die Kultur-, Entseuchungs- und Absperrmaßnahmen, während die Therapie die physikalischen, chemischen und biologischen Methoden der Bekämpfung umfaßt. Dabei sind besonders auch die Methoden zu ihrer Prüfung und der daraus folgenden Kontrolle der Mittel in chemischer und biologischer Wirkung behandelt Aber auch die technischen Hilfsmittel, wie die verschiedenartigsten Apparate, bedurften einer einheitlichen Bearbeitung. Ein weiterer Teil umfaßt die Bewertung des Saat- und Pflanzgutes, wie er in der Saaten- und Pflanzgutanerkennung, der Samenkontrolle und der Feststellung von Sortenechtheit und -reinheit zum Ausdruck kommt. Auch die Fragen der Züchtung immuner Sorten sowie die biologische Bekämpfung mußten berücksichtigt werden.

Ferner mußte der Pflanzenschutzdienst, der inzwischen in einer ganzen Reihe von Staaten eingerichtet ist, in seinen Aufgaben und Einrichtungen grundlegend dargestellt werden, wie auch ein Überblick über die Pflanzenschutzgesetzgebung geschaffen werden mußte.

Endlich soll dieser Band auch einen zuverlässigen Führer durch die grundlegende Literatur geben.

Schon aus diesem Überblick ist ersichtlich, ein wie umfangreiches Material bearbeitet werden mußte. Es war daher auch nötig, diesen Band, wie Bd. I, in zwei Halbbänden erscheinen zu lassen.

Daß eine solche Darstellung, wenn sie den Charakter einer monographischen Bearbeitung tragen soll, nicht von einem Einzelnen, sondern von einer ganzen Anzahl von Spezialisten erfolgen muß, ist in der heutigen Zeit selbstverständlich. Eine solche Zusammenarbeit bringt aber auch allerlei Schwierigkeiten mit sich, um so mehr, als sich die einzelnen Abschnitte überschneiden und es nicht immer vermieden werden konnte, daß einzelne Fragen von verschiedenen Gesichtspunkten aus behandelt worden sind.

Auch ist bei der noch stark im Fluß befindlichen Materie es nicht zu vermeiden gewesen, daß manche Kapitel mehr lehrbuchmäßig dargestellt sind. Das hat aber andererseits den Vorteil, daß dadurch die noch bestehenden Lücken in unserem Wissen deutlicher hervortreten.

Wie schon bei den vorhergehenden von mir herausgegebenen Bänden, so habe ich auch diesmal wieder Herrn Oberregierungsrat Dr. Stapp ganz besonders zu danken für seine viel Mühe erheischende Mitarbeit bei der Herausgabe. Auch der Verlagsbuchhandlung bin ich zu großem Dank verpflichtet für das verständnisvolle Eingehen auf die sich während der Ausarbeitung ergebenden Wünsche und die damit verbundene Verzögerung der Fertigstellung der Handschrift. Endlich danke ich auch allen Bearbeitern der einzelnen Abschnitte für ihre Mitarbeit; ihre Namen finden sich auf dem Titelblatt und über jedem einzelnen der von ihnen bearbeiteten Abschnitte.

Wenn ich nun diesen neuen Band all' denen vorlege, die davon Nutzen haben sollen, so bin ich mir wohl bewußt, daß ihm vielleicht noch allerlei Mängel anhaften werden. Das ist selbstverständlich, da es sich um einen ersten Versuch handelt, ein verhältnismäßig junges Gebiet in einem Handbuch zusammenzufassen. Dankbar wäre ich jedem, der Verbesserungsvorschläge hat, wenn er mir dieselben mitteilte, damit ich sie in einer neuen Auflage, die ich noch zu erleben hoffe, berücksichtigen kann. Mein höchster Wunsch ist es aber, daß auch dieser Band Nutzen stiftet und allen denen, die im Pflanzenschutz tätig sind oder sich ihm zuwenden, ein wertvolles Hilfsmittel ist, zu dem sie gern greifen.

Berlin-Zehlendorf, im Dezember 1938. Dr. Otto Appel.

Auszug aus dem Inhalt des vollständigen sechsten Bandes

Erster Abschnitt: Die wirtschaftliche Bedeutung des Pflanzenschutzes.

Zweiter Abschnitt: Die Aufgaben des Pflanzenschutzes.

I. Die Verhütung des Auftretens von Pflanzenkrankheiten und -schädlingen (Hygiene).

II. Die Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten und -schädlinge (Therapie). Physikalische Maßnahmen; chemische Maßnahmen, deren Mittel, einschließlich ihrer Kontrolle und der Methoden ihrer Prüfung; biologische Bekämpfungsmaßnahmen.

Dritter Abschnitt: Die technischen Mittel des Pflanzenschutzes, Beizapparate, Spritzapparate, Verstäubeapparate, sonstige Geräte.

Vierter Abschnitt: Die Bewertung des Saat- und Pflanzgutes.

Fünfter Abschnitt: Die Züchtung immuner Sorten.

Sechster Abschnitt: Der Pflanzenschutzdienst.

Siebenter Abschnitt: Die Pflanzenschutzgesetzgebung.

Achter Abschnitt: Die Pflanzenschutzliteratur.

Printed in Germany.